**U N I V E R S I D A D E  L U S Í A D A  D E  L I S B O A**

Faculdade de Arquitectura e Artes

Mestrado Integrado em Arquitectura

# A história da madeira como material na arquitectura

**Realizado por:**
Paulo Jorge Correia Trindade da Rosa Fernandes
**Orientado por:**
Prof. Doutor Arqt. Rodrigo Reis Ollero das Neves

**Constituição do Júri:**

| | |
|---|---|
| Presidente: | Prof. Doutor Arqt. Joaquim José Ferrão de Oliveira Braizinha |
| Orientadora: | Prof. Doutor Arqt. Rodrigo Reis Ollero das Neves |
| Arguente: | Prof. Doutor Arqt. Rui Manuel Reis Alves |

Dissertação aprovada em: 19 de Março de 2014

Lisboa

2013

**UNIVERSIDADE LUSÍADA DE LISBOA**

Faculdade de Arquitectura e Artes

Mestrado Integrado em Arquitectura

# A história da madeira como material na arquitectura

Paulo Jorge Correia Trindade da Rosa Fernandes

Lisboa

Novembro 2013

**UNIVERSIDADE LUSÍADA DE LISBOA**

Faculdade de Arquitectura e Artes

Mestrado Integrado em Arquitectura

# A história da madeira como material na arquitectura

Paulo Jorge Correia Trindade da Rosa Fernandes

Lisboa

Novembro 2013

Paulo Jorge Correia Trindade da Rosa Fernandes

# A história da madeira como material na arquitectura

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitectura e Artes da Universidade Lusíada de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Arquitectura.

Orientador: Prof. Doutor Arqt. Rodrigo Reis Ollero das Neves

Lisboa

Novembro 2013

## Ficha Técnica


**Autor** Paulo Jorge Correia Trindade da Rosa Fernandes

**Orientador** Prof. Doutor Arqt. Rodrigo Reis Ollero das Neves

**Título** A história da madeira como material na arquitectura

**Local** Lisboa

**Ano** 2013

**Mediateca da Universidade Lusíada de Lisboa - Catalogação na Publicação**

FERNANDES, Paulo Jorge Correia Trindade da Rosa, 1981-

A história da madeira como material na arquitectura / Paulo Jorge Correia Trindade da Rosa Fernandes ; orientado por Rodrigo Reis Ollero das Neves. - Lisboa : [s.n.], 2013. - Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitectura, Faculdade de Arquitectura e Artes da Universidade Lusíada de Lisboa.

I – NEVES, Rodrigo Reis Ollero das, 1940-

LCSH
1. Madeira
2. Construção em madeira - História
3. Construção em madeira - Portugal - História
4. Materiais de construção
5. Universidade Lusíada de Lisboa. Faculdade de Arquitectura e Artes - Teses
6. Teses – Portugal - Lisboa

1. Wood
2. Building, Wooden - History
3. Building, Wooden - Portugal - History
4. Building, Materials
5. Universidade Lusíada de Lisboa. Faculdade de Arquitectura e Artes - Dissertations
6. Dissertations, Academic – Portugal - Lisbon

LCC
1. TH1101.F47 2013

Ao meu Pai

## AGRADECIMENTOS

Esta dissertação não teria sido possível sem a ajuda de diversas pessoas a quem pretendo deixar os meus sinceros agradecimentos.

Gostaria de agradecer ao Prof. Robert L. Youngs da Virginia Polytechnic Institute and State University que me auxiliou na escolha de bibliografia histórica. Ao Prof. Engº. João Negrão do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, pela disponibilização de documentação. À Engª. Helena Cruz do Núcleo de Estruturas de Madeira do LNEC pela entrevista concedida. À Atlântico, S.A. pela permissão de visita ao Pavilhão Atlântico e à Drª. Lara Barcelos pela visita guiada. Ao Arqtº. Daniel Moutinho pela cópia sedida do seu trabalho de final de curso. Ao Projeto de Investigação “Os Materiais da Arquitetura” e a todos os seus colaboradores, em especial à Mestre Arqtª. Alexandra Miranda Luís. Por último um agradecimento muito especial ao Prof. Dr. Arqtº Rodrigo Ollero que aceitou a orientação desta dissertação sem conhecer previamente o seu autor e que sempre acreditou e o incentivou a ir mais longe na busca por respostas.

## RESUMO

A madeira tem sido desde sempre um material de grande importância na história da arquitetura, assistindo-se atualmente a um crescente aumento da sua utilização com o aparecimento de novos derivados vindos da tecnologia e engenharia da madeira. Assim torna-se necessário ter uma consciência mais global do que essa evolução significa e poderá sortir para o homem, nomeadamente tendo em atenção o desmesurado consumo deste material.

Com esta investigação, pretende-se dar a conhecer o papel que a madeira desempenhou na história da arquitetura e do ser humano, a forma como nos tem acompanhado ao longo de milénios, permitindo o aparecimento de grandes civilizações que influenciaram e orientaram a forma como vivemos hoje.

Assim, evidencia-se o modo de utilização da madeira quer na sua forma mais básica como combustível, quer na mais complexa como resultado de um derivado da tecnologia da madeira, e o modo como influenciou e continua a influenciar a forma como o Homem habitou e habita o nosso planeta.

Neste contexto pretende-se dar a conhecer a madeira como material natural bem como alguns dos seus derivados, desde os mais tradicionais até aos mais inovadores, que nos permitirão edificar as nossas cidades porventura de uma forma mais eficiente, assegurando a continuidade das nossas florestas e nunca descorando a sua sustentabilidade, como fator essencial da vida no planeta.



Palavras-Chave: Madeira, Derivados da madeira, História da madeira, Arquitetura de madeira, Sustentabilidade

## ABSTRACT

Wood always has been a material of great importance in architecture history, today we are seeying an increase in its use with the apearence of new derivatives from technological advances in wood engeenering. Therefore it has became necessary to gain a more global awareness of what this evolution means, and what impact could this disproportional consumption of wood have in the human life.

With this research, we intend to publicize the role of wood in the history of architecture and in the human being, the way it as acompanied Man allong millennia, allowing the appearance of great civilizations that influenced our way of life.

Thus, it becomes clear that the use of wood in its most basic form as fuel, or in its more complex form as a result of a derivative of wood technology, and how it as influenced and continues to influence the way as man dwelt and dwells our planet.

In this context, we intend to show wood as a natural material as well as some of their derivatives, from the more tradicional to the more inovative, that will allow us to edify our cities perhaps in a more eficiente manner, ensuring the continuity of our forests and never neglecting their sustainability as essencial to life on our planet.

Key Words: Wood, Wood derivatives, History of wood, Wooden architecture, Sustainability

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

**Ilustração 1** – Abrigo de madeira pré-histórico (Cachim, 2007, p. 21)..... 3
**Ilustração 2** – Mapa da zona denominada Crescente Fértil (Santiago, 2013)..... 4
**Ilustração 3 –** Sistema de construção tradicional chinês (Cachim, 2007, p. 25) ..... 6
**Ilustração 4 –** Sistemas de cobertura da Idade Média (Cachim, 2007, p. 28)..... 16
**Ilustração 5 –** Caminho de carroças precursor do caminho-de-ferro (Perlin, 2005, p. 232)..... 18
**Ilustração 6** – Á esquerda a construção do abrigo temporário, à direita o abrigo terminado. (Carr, 2013)(Carr, 2013)..... 20
**Ilustração 7 –** Habitações subterrâneas. (Vaz, 2008, p. 3)..... 21
**Ilustração 8** – Habitação subterrânea com entrada escavada. (Universität Duisburg-Essen, 2009) ..... 21
**Ilustração 9** – À esquerda uma representação de uma habitação palafítica. À direita uma representação de uma habitação. Ambas as imagens referem habitações do período Neolítico. (Moni, 2011)(Ferreira, 2011) ..... 22
**Ilustração 10-** Possíveis representações do edifício de Woodhenge. (Stonehenge Administration Office, [s.d.])(Soskin e Bott, 2010) ..... 23
**Ilustração 11** – Possíveis representações da estrutura encontrada em Stanton Drew. (Soskin e Bott, 2010)..... 24
**Ilustração 12** – Representação de uma casa em Ur com a sua estrutura em madeira (Perlin, 2005, p. 41)..... 25
**Ilustração 13** –Á esquerda: uma reconstituição da cidade de Priene. Á direita: uma reconstituição de um quarteirão da cidade de Priene. (Hecker e Decker, 2008)(Prokopowicz, 2011)..... 26
**Ilustração 14** – Á esquerda: o Andron. Á direita: representação de um edifício da cidade de Priene com a cobertura de asnas de madeira. (University of Washington, [s.d.])(*Lecture 17 - Greece 3 - Classical/Hellenistic Period*, [s.d.])..... 26
**Ilustração 15** – Planta típica de Pompeia (Ilustração nossa, 2013)..... 27
**Ilustração 16** – Habitação Romana. (Western Michigan University, [s.d.]) ..... 28
**Ilustração 17** – Corte de uma habitação de Pompeia. (Louise C, 2011)..... 29
**Ilustração 18** – Imagem de um mosaico Cave Canem em Pompeia. (Curran, 1997). 29
**Ilustração 19** – Representação da utilização de moldes de madeira. (Cachim, 2007, p. 24) ..... 30
**Ilustração 20** – Esquerda: Estrutura em A, Direita: Estrutura em Caixa (Cachim, 2007, p.26)..... 31
**Ilustração 21** – Cabana de troncos temporária. (Whalen, 2013)..... 32
**Ilustração 22** – Cabana de troncos mais elaborada com 2 pisos. (Grass, 2008) ..... 33
**Ilustração 23** – Imagens do Forte de Nashborough em Nashville, Tennessee, Estados Unidos da América. (Nashville Vacation Fun, 2009) ..... 34
**Ilustração 24** – Maquete do sistema construtivo Balloon Frame. (Catanzaro e Curtis, 2011)..... 36
**Ilustração 25** – MLTW no Condominium 1, da esquerda para a direita, Richard Whitaker, Donlyn Lyndon, Charles Moore e William Turnbull. (Borson, 2012)..... 38
**Ilustração 26** - Imagem do Sea Ranch. (bobbudi, 2011) ..... 39
**Ilustração 27** – Condominium 1. (Corner e Young, 2013) ..... 40
**Ilustração 28** – Plantas do piso térreo do Condominium 1. (Whitaker *et al.*, 1963) .... 40
**Ilustração 29** – Planta do primeiro piso do Condiminium 1. (Whitaker *et al.*, 1963) ... 41
**Ilustração 30** – Planta do Cemitério de Woodland. (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Heritage Convention, 2013) ..... 42

**Ilustração 31** – Planta da Skogskapellet (Capela de Woodland). (Buildings, 2012) ... 43
**Ilustração 32** – Á direita: Imagem da entrada da Skogskapellet. Á esquerda: Imagem do interior da capela. (Nadal, 2009)(Hanke, 2008) ... 43
**Ilustração 33** – Swiss Sound Box, pavilhão suíço da Exposição Mundial de Hanôver realizada em 2000. (Mair, 2000) ... 44
**Ilustração 34** – Á esquerda: vista superior da Swiss Sound Box. Á direita: vista interior do pavilhão. (The Hyatt Foundation, 2013) ... 44
**Ilustração 35** – Em cima: Imagens do interior da casa Luzi onde são evidentes as interligações das paredes com o sistema Strickbau. Em baixo: Imagens do exterior da casa Luzi (Linz, 2009)(Kent, 2009) ... 45
**Ilustração 36** – Pormenor das fundações. (Mascarenhas, 2009, p. 79) ... 50
**Ilustração 37** – Aspeto da abóbada do piso térreo. (Mascarenhas, 2009, p. 80) ... 51
**Ilustração 38 –** Gaiola Pombalina após a remoção da alvenaria. (Lopes, 2010, p. 2) 52
**Ilustração 39** – Á esquerda: Aspeto da gaiola acabada e construção do enchimento de alvenaria das paredes-mestras. Á direita: Possível comportamento do edifício perante em sismo. (Mascarenhas, 2009, p. 312; Mascarenhas, 2009, p. 318) ... 53
**Ilustração 40** – Planta da Real Barraca (Bibiena, 1755) ... 56
**Ilustração 41 –** Sobreposição das implantações da Real Barraca e do Palácio Nacional da Ajuda. (Ilustração nossa, 2013) ... 57
**Ilustração 42** – Esquemas de tetos em caixotão de madeira: a) Teto em abóbada de berço abatida; b) Teto em abóbada de berço; c) Teto em três terços; d) Teto plano. (Rodrigues, 2009/2010, p. 2) ... 58
**Ilustração 43** – Teto em abóbada de berço abatida da igreja do Antigo Convento do Salvador, Braga. (Braga On, 2012) ... 59
**Ilustração 44** – Teto em abóbada de berço da Igreja de Marzagão, Carrazeda de Anciães. (Gonçalves, 2011) ... 59
**Ilustração 45 –** Teto em três terços da Igreja de Santo André, Mirandela. (Sistmir, 2011) ... 60
**Ilustração 46 -** Teto plano do coro alto do Convento Corpus Christi, Gaia. (Amen, 2013) ... 60
**Ilustração 47** – Á esquerda: Espigueiro de madeira. Á direita: Espigueiro de paredes verticais. (Moutinho, 2006, p. 16)(Matta, 2006) ... 63
**Ilustração 48** – Palheiro (Peixoto, Severo e Cardoso, 1903, p. 94) ... 64
**Ilustração 49** – Palheiros da Costa Nova. (Dias, 2006) ... 65
**Ilustração 50** – Embarcações Avieiras. (Moutinho, 2006, p. 18) ... 66
**Ilustração 51** – Em cima: Ferrolhos Metálicos. Á Esquerda: Tarugos de pavimento para evitar o bambeamento das vigas. Á Direita: Cadeia do Pavimento. (Cardoso, 2010, p. 14)(Cardoso, 2010, p. 16)(Ilustrações nossas, 2013) ... 67
**Ilustração 52** – Asna Simples (Brites, 2011, p. 21) ... 67
**Ilustração 53** – Asna Composta (Brites, 2011, p. 21) ... 68
**Ilustração 54** – Á esuqerca: vista mar da casa Aiola. Á direita: vista interior do sistema de painéis que se abrem para formar a cobertura da varanda. (Ordem dos Arquitectos, 2007)(Ferreira, 2012) ... 70
**Ilustração 55 –** Organização da Fileira Florestal em Portugal de acordo com o ICNF (Ilustração nossa, 2013) ... 71
**Ilustração 56** – Organização da Fileira de Silvicultura e Exploração Florestal de acordo com o ICNF (Ilustração nossa, 2013) ... 72
**Ilustração 57 –** Organização da Fileira de Madeira de acordo com o ICNF (Ilustração nossa, 2013) ... 73
**Ilustração 58** – Organização da Fileira de Cortiça de acordo com o ICNF (Ilustração nossa, 2013) ... 74

**Ilustração 59** – Área Florestal de Portugal continental subdividida em categorias. (*Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental*, 2013, p. 9) ..... 75
**Ilustração 60** – Divisão da área florestal por grupos de espécies. (*Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental*, 2013, p. 11) ..... 76
**Ilustração 61** – Á esquerda: Equipamento pesado com cabeça de abate; Á direita: Cabeça de abate Ponsse Harvesterhead X50. (Volvogroup, 2008)(Ponsse Austria, [s.d.]) ..... 77
**Ilustração 62** – Alguns métodos de toragem. 1) corte radial; 2) corte de anel deitado; 3) corte de anel em esquadria; 4) corte longitudinal (desfiar); 5) barrote redondo; 6) corte para pranchas e para madeira de construção; 7) corte para maximizar faces radiais (Gibbs, 2012, p. 27) ..... 78
**Ilustração 63** – Á esquerda: Processo de desenrolamento. Á direita: O produto final do processo de desenrolamento. (Kandell, 2011)(Finelineasia Group Company, Inc., 2010) ..... 80
**Ilustração 64** – Métodos de laminação para a obtenção de folheado de madeira. Á Esquerda: figurada; Ao Centro: listada; Á Direita: ritf (9Wood, 2013) ..... 80
**Ilustração 65** – Principais eixos do tronco de uma árvore. (Coutinho, 1999, p. 8) ..... 85
**Ilustração 66** – Em cima: Empenos devido a retracção de peças de madeira conforme a localização do seu corte. Em baixo: Alguns tipos de empenos que a madeira pode sofrer (B: Arco de face; S: Arco de canto; T: Hélice; C: Meia cana). (Cachim, 2007, p. 68) ..... 89
**Ilustração 67** – Em cima o fungo de podridão castanha (Gloeophyllum trabeum Murril). Em baixo à esquerda um exemplo de podridão branca (Coniophora puteana Karst). Em baixo à direita um exemplo de podridão mole (Sperpula lacrymans). (Lindsey, 2007)(Huckfeldt, 2008)(Johnstone, [s.d.])(Property Repair Systems, [s.d.]) . 91
**Ilustração 68** – Á esquerda: Térmitas Reticulitermes lucifugus Rossi; Á direita: O resultado de um ataque de térmitas. (CoffeeNews, 2010)(Perry's Termite Service & Repair, 2013) ..... 92
**Ilustração 69** – Caruncho grande Hylotrupes bajulus. (Rasbak, 2009)(Holopainen, 2001) ..... 93
**Ilustração 70** – Caruncho Anobium panctatum. (Mendonça, 2009)(Entomart Insects, 2009) ..... 93
**Ilustração 71** – Caruncho Lyctus brunneus. (Fidelity Exterminating Company, [s.d.])(Sarefo, 2007) ..... 94
**Ilustração 72** – Á esquerda: ataque xilófago a um tronco. Á direita: ataque xilófago ao casco de um barco. (Silva, 2008, p. 22) ..... 94
**Ilustração 73** – Painéis de aglomerado de partículas de madeira. (AKÍ, 2013) ..... 99
**Ilustração 74** – Aspeto da face de painéis madeira cimento do tipo Viroc. (VIROC, [s.d.]) ..... 100
**Ilustração 75** – Painéis de Oriented Strand Board (OSB). (Macoe Portas e Janelas, [s.d.]) ..... 101
**Ilustração 76** – Á esquerda: Painel de aglomerado de fibras brando (Softboard). Á direita: Painel de aglomerado de fibras duro (Hardboard) do tipo Platex. (Plaza Board Center, 2013)(BBMC Baniyas, 2013) ..... 102
**Ilustração 77** – Á esquerda: Painel de MDF (medium density fiberboard); Á direita: painel de HDF (high density fiberboard). (Fordaq, [s.d.])(Kronospan, [s.d.]) ..... 103
**Ilustração 78** – Plainéis de madeira gesso do tipo Pladur. (Techos de pladur, 2012) ..... 104
**Ilustração 79** – Contraplacado folheado. (Portal da Madeira, 2010) ..... 105
**Ilustração 80** – Contraplacado fasquiado. (BBMC Baniyas, 2013) ..... 106
**Ilustração 81** – WPC (Wood polymer composit). (DAMIANI-HOLZ & KO, [s.d.]) ..... 107
**Ilustração 82** – Exemplo de uma junção dentada (finger joint). (Matthias, [s.d.]) ..... 108

**Ilustração 83** – Madeira lamelada colada. (Imowood, 2013)..... 109
**Ilustração 84** – Á esquerda: exemplo da configuração de um painel de MLCC. Á direita: painel de MLCC acabado. (Taylor, 2003)(Brute force collaborative, 2010).... 111
**Ilustração 85** – Imagem do edifício Stadthaus durante a sua construção. (Mazsky Enovera Group, 2013)..... 111
**Ilustração 86 – Á** esquerda: ilustração das fases de fabrico do LSL. Á direita: imagem de uma ripa de LSL acabada. (Taylor, 2002, p. 10)(Dataholz, 2013) ..... 112
**Ilustração 87** – Em cima: ilustração das fases de fabrico do LVL. Em baixo: duas imagens do produto acabado. (Taylor, 2002, p. 4)(The Green Garage, 2009)(Supplierlist, [s.d.])..... 113
**Ilustração 88** – Á esquerda: ilustração das fases de fabrico do PSL. Á direita: imagem do produto acabado. (Taylor, 2002, p. 7)(University of Colorado, [s.d.])..... 114
**Ilustração 89** – Á esquerda: imagem de uma estrutura de pavimento com vigas I-Joist. Á direita: imagem de uma cobertura com vigas I-Joist. (Ulrich, 2010)(Risley, 2010). 116
**Ilustração 90** – Em cima: imagem do tijolo de madeira da Steko. Em baixo: construção de uma habitação com recurso a tijolos Steko. (Steko, 2010, p. 1; Steko, 2012, p. 4)(Steko, 2012) ..... 118
**Ilustração 91** – Granulado de cortiça. (Grupo Amorim, 2012)..... 120
**Ilustração 92** – Á esquerda: Blocos de aglomerado de cortiça. Á direita: Rolo de aglomerado de cortiça. (JPSCork Group, [s.d.])(VP Embalagens, 2009)..... 121
**Ilustração 93** – Á esquerda: Pavimento de cortiça para uso intensivo. Á direita: Junta de dilatação rodoviária. (Amorim Cork Composites, 2012)(Amorim Cork Composites, 2012)..... 121
**Ilustração 94** – Á esquerda: Aglomerado de cortiça expandida. Á direita: Pavilhão de Portugal na Expo Xangai em 2010, obra do Arqº Carlos Couto que foi totalmente revestida a aglomerado expandido de cortiça. (Isocor-Aglomerados de Cortiça ACE, [s.d.])(Amorim, 2010) ..... 122
**Ilustração 95** – Vista exterior do Pavilhão Atlântico. (Ilustração nossa, 2013) ..... 124
**Ilustração 96** – Planta das diferentes zonas do Pavilhão Atlântico. (Regino Cruz Arquitectos, 2013)..... 126
**Ilustração 97** – Vista do interior da Sala Atlântico. (Ilustração nossa, 2013) ..... 127
**Ilustração 98** – Vistas interiores da Sala Tejo. (Ilustração nossa, 2013) ..... 128
**Ilustração 99** – Vista interior da Sala Atlântico. (Ilustração nossa, 2013) ..... 129
**Ilustração 100** – Vista aérea da construção do Pavilhão Atlântico. (Architecture Of Life, 2013) ..... 129
**Ilustração 101** – Vista de uma das espinhas do Pavilhão Atlântico. (Ilustração nossa, 2013)..... 130
**Ilustração 102** – Campo de Ténis existente no terreno. (Castanheira, 2013, p. 146)132
**Ilustração 103** – Zona inferior (Guerra, Castanheira, 2011, p.113) ..... 133
**Ilustração 104** – Em cima: Alçado Norte; em baixo: Alçado Sul. (Castanheira, 2011, p. 112)..... 133
**Ilustração 105** – Em cima: planta do piso 1; em baixo: Alçado Nascente. (Castanheira, 2011, p. 110)(Lourenço *et al.*, 2013, p. 151)..... 134
**Ilustração 106** – Á esquerda: planta do piso 2; á direita: cortes construtivos. (Castanheira, 2011, p. 110, 114) ..... 136
**Ilustração 107** – Á esquerda: Vista da sala para a cozinha; ao centro: vista da entrada para a instalação sanitária social; á direita: vista da zona de banhos. (Guerra, Castanheira, 2011, p. 117, 118)..... 137
**Ilustração 108** – Vista exterior da varanda. (Castanheira, 2011, p. 115)..... 138
**Ilustração 109** – Em cima: Maquete da estrutura; á esquerda: pormenor construtivo; á direita: pormenorização das ligações metálicas da estrutura. (Guerra, Castanheira, 2010, p. 102)(Lourenço *et al.*, 2013, p. 152)..... 139
**Ilustração 110** – Planta de implantação. (Castanheira, 2011, p. 110) ..... 139

**Ilustração 111** – Á esquerda: vista da entrada Norte; á direita: vista do corredor da habitação; ao centro: vista exterior. (Castanheira, 2011, p. 118, 120, 121) ..... 140
**Ilustração 112** – Edifício Stadthaus (Techniker, Tall Timber Buildings, 2009, p.1) ... 143
**Ilustração 113** – Imagem aérea de Londres, a vermelho a Stadthaus. (Fernandes, 2013) ..... 144
**Ilustração 114** – Construção do edifício da Stadthaus (Thompson, A process revealed, 2009, p. 38, p. 39, p.41, p. 53) ..... 145
**Ilustração 115** – á esquerda: Imagem da construção do edifício Stadthaus, a vermelho a zona designada para o estaleiro da obra. Á direita: Os resíduos produzidos pela construção. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 37)(Sustainable Buildings Canada, 2010) ..... 146
**Ilustração 116** – Imagem da fachada da Stadthaus (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 35) ..... 147
**Ilustração 117** – Planta do piso 3 (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 66)..... 149
**Ilustração 118** – Planta do piso 5 (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 67)..... 150
**Ilustração 119** – Pormenor do corte do núcleo. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 33) ..... 151
**Ilustração 120** – Pormenor da fachada. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 33) ..... 152
**Ilustração 121** – Operários a colocarem um painel de MLCC. (TRADA, 2009, p. 5) 153
**Ilustração 122** – Colocação dos parafusos de união dos painéis de MLCC. (TRADA, Stadthaus, 2009, p. 5) ..... 153
**Ilustração 123** – Á esquerda: Aspecto do interior de uma habitação durante a construção. Á direita: Aspecto do interior de uma habitação após a conclusão da obra. (Sustainable Buildings Canada, 2010) ..... 154

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1 –** Número de Certificados Florestais emitidos em Portugal e no Mundo. ...111
**Tabela 2** – Número de Certificados de Cadeia de Custódia/Responsabilidade emitidos em Portugal e no Mundo. ……112
**Tabela 3** – Classificação da madeira de acordo com o seu teor de água. ……...118
**Tabela 4** – Condutibilidade térmica de vários materiais. ……...121
**Tabela 5** – Classes de durabilidade natural da madeira. ("EN 335-1:1994" e "EN 335-2:1994") ……...128
**Tabela 6** – Classes de trabalhabilidade de acordo com a "EN 350-2:1994" ……...129
**Tabela 7** – Classes de risco da norma "NP EN 335-1:1994" ……129
**Tabela 8** – Diagrama de decisão para classes de risco de acordo com a "NP EN 335-2:1994" ……130
**Tabela 9** – Exigências de durabilidade em função da classe de risco de acordo com a "NP EN 460:1995" ……..130

# Sumário


1. Introdução ..... 1
2. Contextualização Histórica ..... 1
   2.1. A madeira como material primordial ..... 1
      2.1.1. A Pré-História ..... 2
      2.1.2. A Mesopotâmia ..... 3
      2.1.3. Creta ..... 5
      2.1.4. Ásia ..... 6
      2.1.5. Grécia Micénica ..... 6
      2.1.6. Grécia Clássica ..... 7
      2.1.7. Império Romano ..... 8
      2.1.8. Idade Média ..... 11
      2.1.9. Revolução Industrial ..... 18
   2.2. A madeira no edificado ..... 19
      2.2.1. Pré-História ..... 19
      2.2.2. As primeiras grandes comunidades ..... 22
      2.2.3. Mesopotâmia ..... 24
      2.2.4. Grécia ..... 25
      2.2.5. Império Romano ..... 27
      2.2.6. Idade Média ..... 30
      2.2.7. América do Norte ..... 31
      2.2.8. A arquitetura de madeira ao longo do séc. XX ..... 41
3. Portugal ..... 45
   3.1. Período anterior a 1755 ..... 46
   3.2. O terramoto e a reconstrução de Lisboa ..... 48
      3.2.1. O edifício pombalino ..... 49
      3.2.2. Real Barraca ..... 53
   3.3. Tetos em Caixotão em madeira ..... 58
   3.4. De 1755 até à atualidade ..... 61
4. Extração / Produção de Madeira ..... 70
   4.1. Nota introdutória ..... 71
   4.2. A madeira como eco material ..... 74
      4.2.1. Exploração Florestal ..... 74
      4.2.2. Certificações FSC / PEFC ..... 80
      4.2.3. Características da madeira ..... 83
   4.3. A polivalência da madeira na arquitetura (derivados) ..... 97
      4.3.1. Painéis de partículas ..... 97

4.3.2. Painéis de Fibras de Madeira ..... 101
4.3.3. Contraplacados e madeira compósita ..... 104
4.3.4. Madeira estrutural composta (SCL – Structural composit lumber) ..... 107
4.3.5. Cortiça ..... 118
5. Casos de estudo ..... 122
5.1. Pavilhão Atlântico ..... 123
5.1.1. Nota introdutória ..... 123
5.1.2. O Pavilhão ..... 123
5.2. Casa Adpropeixe ..... 131
5.3. Edifício Stadthaus ..... 141
5.3.1. Nota introdutória ..... 141
5.3.2. Stadthaus ..... 141
6. Considerações finais ..... 154
7. Referencias Bibliografia ..... 157
8. Bibliografia ..... 171

# 1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação de mestrado assenta na vontade estudar aprofundadamente a utilização da madeira na arquitetura. Para o conseguir, entende-se estudar em primeiro lugar a importância e influência da madeira como material no desenvolvimento do ser Humano, desde o princípio dos tempos até à atualidade. Neste sentido procura-se identificar pontos na história em que a madeira foi decisiva para o progresso do ser humano.

Posteriormente iremos desenvolver um capítulo sobre a madeira como material, as suas características físicas, propriedades, e os processos de transformação em material de construção.

Com base na matéria pesquisada nos capítulos anteriores, será feita uma análise de obras contemporâneas construídas em madeira ou em que a madeira tenha desempenhado um papel fundamental para a criação do objeto arquitetónico. Assim serão abordadas como caso de estudo as obras do Pavilhão Atlântico do Arqtº Regino Cruz, a casa de Adpropeixe do Arqtº Carlos Castanheira e o edifício Stadthaus do Arqtº Andrew Waugh.

A título conclusivo propõe-se o uso da madeira como um bom material base para arquitetura, apesar de atravessar milénios de utilização continua na primeira linha como material indispensável à construção do edificado podendo dar resposta às mais variadas formas e exigências programáticas agora e num futuro próximo.

# 2. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

Neste capítulo pretende-se demonstrar a importância que a madeira teve no desenvolvimento do ser Humano e na sua evolução até aos dias de hoje. Sem esta o Homem não teria progredido e alcançado o estado de desenvolvimento que veio a atingir.

## 2.1. A MADEIRA COMO MATERIAL PRIMORDIAL

Até à revolução industrial a evolução do ser Humano estava ainda muito dependente da madeira, sendo a partir daí que se liberta em parte dessa dependência. No entanto, em muitas partes do mundo atual ainda há povos que continuam subordinados ao uso

da madeira, seja pelas florestas que a produzem, seja pela madeira que delas se extrai.

> Ancient writers observed that the forest always recede as civilizations develop and grow. The great Roman poet Ovid wrote, for instance, that during the "Golden Age[1]," before civilization began, "even the pine tree stood on its own hills"; but when Iron Age succeded it, "the mountain oak, the pine were felled." This occurred for a simple reason: trees have been the principal fuel and building material of almost every society for over five thousand years, from the Bronze Age until the middle of the nineteenth century. To this day trees still fulfill these roles for the majority of people who inhabit our planet. Without vast supplies of wood felled from forests, the great civilizations of Sumer, Assyria, Egypt, China, Knossos, Mycenae, Classical Greece and Rome, Western Europe, and North America would never have emerged. Wood, in fact, is the unsung hero of the technological revolution that has brought us from a stone and bone culture to our present age. (Perlin, 2005, p. 25)

### 2.1.1. A PRÉ-HISTÓRIA

A madeira é utilizada desde o início pela humanidade e por isso, a árvore, e o material de que esta é feita, teve um papel fundamental no desenvolvimento do ser humano. Desde o Paleolítico que o Homem começou a desenvolver e a aperfeiçoar a utilização da madeira, uma vez que rapidamente percebeu que poderia utilizá-la para as suas necessidades mais básicas, como por exemplo nas armas para a caça, na construção de abrigos temporários e mais tarde para produzir ferramentas que o auxiliassem na agricultura.

O Homem começou a utilizar a madeira pois esta era não só uma matéria-prima abundante, mas também não requeria grandes ferramentas para a sua utilização ou transformação. No início, a qualidade final do produto dependia sobretudo da qualidade da madeira e da habilidade de quem a trabalhava.

A utilização deste material teve ainda um papel fundamental no transporte de pessoas e bens desde 7000 A.C., que com o desenvolvimento dos primeiros trenós, com o auxílio dos animais, se tornou possível transportar pessoas e bens. Mais tarde, a

[1] "Golden Age" ou Era Dourada, é uma das 5 eras da humanidade criadas pela mitologia grega, esta representava um tempo de harmonia, paz e estabilidade, nesta época o Homem não tinha de trabalhar pois a terra dava tudo o que ele necessitava. (Ferreira, 2013)

invenção da roda catapulta ainda mais longe o uso deste material com o aparecimento dos primeiros carros de transporte. É também pela mesma altura que aparecem as primeiras canoas escavadas em troncos de madeira.

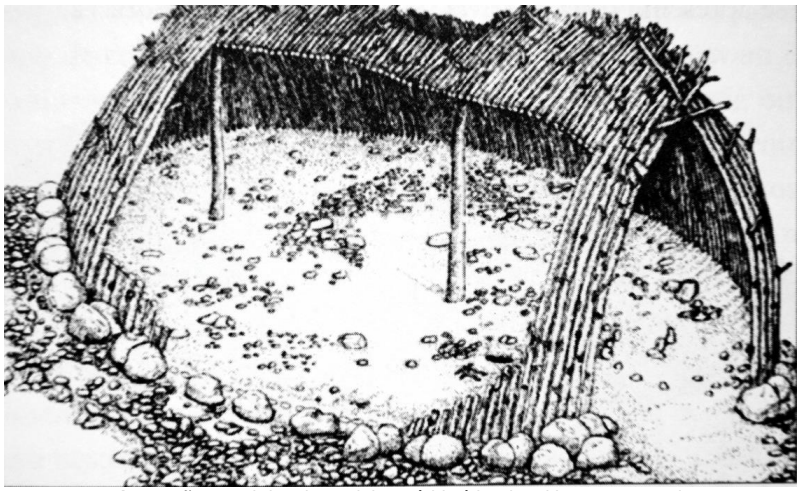


**Ilustração 1** – Abrigo de madeira pré-histórico (Cachim, 2007, p. 21)

> Language also shows the importance wood played in the lives of our ancestors. The Sumerians, who established the first urban society over four thousand years ago in the Fertile Crescent, used the cuneiform sign “giš,” the determinator for kinds of woods and objects made of wood, in words that signified “plan [of a building],” “model,” and “archetype.” “Architecton,” which in Classical Greece came to mean “chief builder” and from which we derive the word architect, literally means “leading wood worker. (Perlin, 2005, p. 31)

### 2.1.2. A MESOPOTÂMIA

A civilização ocidental emerge no Crescente Fértil (área atualmente compreendida por Israel, Jordânia, Líbano, Egipto, Chipre, Kuwait, parte da Arábia Saudita, Síria, Iraque, Turquia e Irão) cerca de 4700 A.C.. (Perlin, 2005, p. 35)

**Ilustração 2** – Mapa da zona denominada Crescente Fértil (Santiago, 2013)

O desenvolvimento desta civilização deu-se graças às grandes florestas existentes na zona, que potenciaram o crescimento das primeiras grandes civilizações. A maioria dos vestígios existentes nas antigas civilizações, bem como na pré-história desapareceram, devido às propriedades da madeira que não sobrevive ao passar dos tempos, sendo que os únicos indícios existentes em muitos casos são as fundações feitas em pedra.

Com o início das civilizações modernas, e com a invenção da escrita tornou possível passar para as gerações futuras os feitos da altura. Na Mesopotâmia existem registos que relatam a ascensão e queda da cidade de Uruk, conhecidos como “A epopeia de Gilgamesh”, onde pode encontrar-se um texto intitulado “A Viagem da Floresta”. Ai é relatado como a cidade de Uruk se expande e se torna na mais poderosa urbe graças à grande quantidade de madeira que existia nas suas imediações. Esta madeira seria usada para a construção de casas, palácios, barcos, armas e combustível. (Perlin, 2005, p. 35)

Por volta de 2100 A.C. o bronze é utilizado em praticamente todas as ferramentas, por ser um metal fácil de encontrar e de trabalhar. Com o aumento da utilização de metais passam a ser utilizados grandes quantidades de madeira como combustível para os fornos das fundições. (Perlin, 2005, p. 40)

As carpintarias também necessitam de grandes quantidades de madeira, pois as mesas, cadeiras e até os pratos da época eram feitos de madeira. A floresta era então explorada ao máximo, por parecer infindável.

As espécies disponíveis na região eram, o Álamo do Eufrates, o Salgueiro, além de outras espécies de madeiras consideradas duras. Destas árvores faziam-se, telhados,

escadas, vigas, alavancas, postes, pranchas, etc., sendo os ramos e os galhos utilizados ainda para fabricar carvão vegetal. As outras espécies de madeira tinham de ser importadas, pois no auge da Mesopotâmia este material era de tal modo importante em todos os aspetos desta civilização que o seu preço aproximou-se do dos metais preciosos. As guerras e pilhagens tinham como alvo os metais preciosos e a madeira. Há registos de que na cidade de Lagash o valor da madeira era de tal forma alto que era guardada com o tesouro real. (Perlin, 2005, p. 40)

Ao fim de milénios de devastação florestal a Mesopotâmia começou a sentir o efeito da mesma. Vastas regiões foram deixadas à erosão provocada pelo vento e com o aumento dos níveis de sal na água e nos solos estes tornaram-se estéreis. Sem a possibilidade do recurso à floresta e com a agricultura em declínio, inicia-se o fim da Mesopotâmia. As cidades passam a vilas, os exércitos sem alimento desertam e assim cai uma das primeiras civilizações depois da pré-história. (Perlin, 2005, p. 43)

### 2.1.3. CRETA

Com a escassez de madeira na Mesopotâmia e o fim do seu império, emerge na ilha de Creta uma nova civilização que prospera política e economicamente. Por esta razão, no atual médio oriente, os povos que aí habitavam viram a sua atenção para a ilha de Creta que tinha grandes quantidades de madeira. Esta foi a mais poderosa civilização do mediterrâneo oriental do seu tempo. As espécies dominantes eram o Carvalho e o Pinho. Com o início do comércio com Creta, esta passa de uma ilha do Mar Egeu a uma potência do Mediterrâneo Oriental. As riquezas trocadas pela madeira, permitem a Creta iniciar o seu tempo de prosperidade e começar a construir grandes palácios e frotas marítimas para negociar os seus bens. (Perlin, 2005, p. 44)

Creta lança-se assim no consumo de grandes quantidades de madeira, tanto para a construção, como para combustível. Existem também indícios de que Creta exportaria armamento e utensílios de bronze. A desflorestação na ilha de Creta atingiu uma intensidade tal que o Cipreste substituiu o Carvalho e o Pinho como espécie dominante.

Numa tentativa de minimizar a desflorestação da ilha, são adotadas práticas para baixar o consumo de madeira, tendo os metalúrgicos começado a reciclar o bronze a partir de restos e de utensílios deteriorados. Com a escassez da madeira, diminuem as exportações deste material, bem como de armas, de ferramentas agrícolas e de

cerâmica, levando ao fim do domínio de Creta sobre o Mediterrâneo Oriental. (Perlin, 2005, p. 51-52)

### 2.1.4. ÁSIA

No Oriente, a madeira foi também a principal matéria-prima utilizada na construção. Os chineses desenvolvem o encaixe por entalhe por volta de 1600 a 1100 A.C. e apresentavam já ligações ao nível das coberturas com alguma complexidade. Com o aparecimento do ferro, as técnicas de construção evoluem, pois o ferro permite ligações mais simples, fortes e duradouras. A China acaba por influenciar muitos países orientais como o Japão, a Coreia e o Vietname com as suas construções em madeira e são estas influências que permitem o desenvolvimento destas tecnologias. Os japoneses, por exemplo, desenvolvem um modo de construir mais simples e sem tantos adornos a partir de sistemas de ligação complexos sem recurso a elementos metálicos. (Cachim, 2007, p. 24)

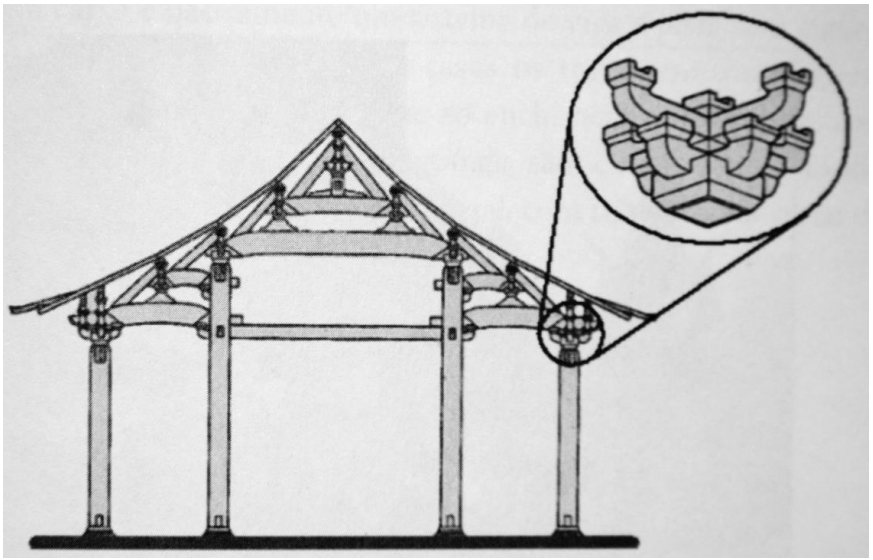


**Ilustração 3 –** Sistema de construção tradicional chinês (Cachim, 2007, p. 25)

### 2.1.5. GRÉCIA MICÉNICA

Por volta de 1500 A.C. uma nova civilização começa a florescer graças às suas florestas de Pinho. A Grécia Micénica inicia a sua ascensão económica e política como civilização próspera no final da Idade do Bronze. Nesta civilização a madeira era tão importante como o barro e a pedra para a construção de habitações. Tal como nas civilizações anteriores, a Grécia Micénica enriquece com a exportação dos seus

produtos, tais como a madeira, a cerâmica e o bronze. Com o desenvolvimento económico, veio o crescimento da população nesta região. Era agora urgente arranjar espaço para construir mais habitações para a crescente população, sendo necessário derrubar grandes extensões de floresta. Foi preciso arranjar campos para a agricultura e por isso também grandes extensões de floresta foram derrubadas. Além disso enormes campos agrícolas e de pastoreio foram criados, forçando os ferreiros e oleiros a instalarem-se em zonas interiores de modo a obterem mais facilmente madeira para o combustível dos seus fornos. (Perlin, 2005, p. 58)

Com a desflorestação para criar áreas agrícolas de cultivo e de pastoreio, os Micénicos permitiram a erosão das suas terras. Estas ao longo dos anos de desflorestação tornam-se demasiado soltas e acabam por sofrer as ações corrosivas dos ventos e da chuva, expondo os mantos de pedra calcária característica daquela região. Com a erosão, os solos foram perdendo a sua fertilidade, e isso fez com que as culturas fossem cada vez menos produtivas. Pelo mesmo motivo, a exportação de cerâmica e metais que esteve na base do progresso e que conduziu à ascensão económica desta civilização, devido há falta de combustível para os seus fornos foi regredindo. Ao mesmo tempo e, face à falta de matéria-prima para produzir armas, a fome instala-se na população, e a Grécia Micénica empobrecida é saqueada, não só pelos seus vizinhos, mas também pelo seu próprio povo. (Perlin, 2005, p. 61-63)

### 2.1.6. GRÉCIA CLÁSSICA

A Grécia ascende novamente como civilização dominante séculos mais tarde e desta vez como berço da sociedade moderna. Esta nova ascensão deve-se ao seu comércio externo como fornecedor de bens e matéria-prima para os países vizinhos. As florestas da Grécia, outrora dizimadas, voltaram a crescer desde o final da idade do bronze tornando a Grécia autossuficiente.

Neste período dá-se uma enorme guerra com a Pérsia que dominava a região, levando os gregos a começarem a construir uma enorme frota naval de modo a obterem a supremacia marítima, uma vez que por terra, quer Atenas quer as outras cidades-estado estavam protegidas graças às suas densas florestas. (Cachim, 2007, p. 23)

Após a vitória sobre os Persas, a Grécia constrói o Pártenon de Atenas, que apesar de ter colunas de pedra tinha as vigas de suporte do telhado em madeira. Devido à sua

escala monumental, a madeira embora de não tenha sido utilizada nas colunas principais, foi aí utilizada em grande escala. Este material ainda seria usado para andaimes, gruas e ferramentas. (Perlin, 2005, p. 85)

Em tempos de guerra a madeira era um dos bens mais valiosos, tanto para o atacante como para o defensor, por isso privar o inimigo de acesso à madeira significava privá-lo de armas, combustível e abrigo.

Após a guerra, e com a falta de madeira e carvão vegetal, novas formas de construir tiveram de ser encontradas de modo a ultrapassar o problema da escassez da madeira. Toda esta situação leva a perceber não só a importância da madeira na Grécia antiga, mas também a necessidade de criar legislação para o seu uso. Muitas cidades gregas adotaram então normas que regulassem o abate de árvores na floresta, tendo sido nomeados magistrados para fazerem cumprir a lei. Algumas das leis aprovadas por exemplo, proibiam os pastores de levarem os seus rebanhos para pastos onde as árvores ainda não tivessem o tamanho suficiente para escapar aos animais, enquanto outras determinavam que a população não podia abater árvores ainda em fase de crescimento, e simultaneamente defeniam a quantidade de madeira que podia ser abatida. Alguns governos legislaram também o preço da madeira e do carvão vegetal de modo a que não houvesse especulação e que estes produtos estivessem acessíveis a toda a população a um preço justo. (Perlin, 2005, p. 96-97)

Neste período, entre 400 e 200 A.C. desenvolveu-se bastante a construção em madeira, e muitos carpinteiros gregos eram contratados para trabalhar no desenvolvimento de Alexandria de modo a satisfazer as crescentes necessidades de mão-de-obra de um dos mais importantes portos marítimos da época. (Cachim, 2007, p. 23)

### 2.1.7. IMPÉRIO ROMANO

A ascensão de Roma e a proliferação do seu império durante séculos está igualmente ligada à madeira e à floresta. Poupada das guerras entra a Grécia e Esparta, a sua floresta manteve-se intacta durante vários séculos. Com a falta de madeira no médio oriente e na Grécia, Roma era então detentora de recursos que a viriam a transforma-la numa superpotência durante séculos. (Perlin, 2005, p. 104)

Segundo o poeta Ovídio, os primeiros dias da civilização romana foram alimentados pelas florestas de carvalho, que forneciam além da madeira, animais selvagens e abrigo. (Perlin, 2005, p. 105)

Até 300 A.C. as casas eram cobertas com telhas e mobília construída de madeira local. A madeira deveria na altura ser o bem mais precioso dos Romanos, pois era usada para trocas comerciais entre povos vizinhos. Com o crescimento da população são necessários mais campos de cultivo e de pastoreio, o que levou à destruição da floresta nos arredores de Roma, fazendo com que bens como o carvão vegetal aumentassem de preço. (Perlin, 2005, p. 105)

Com a escassez de madeira nos arredores de Roma, dá-se início à expansão Romana e à criação do seu vasto Império. Sem madeira para combustível e armas era necessário anexar ao território Romano vastas extensões de floresta. A expansão começa pela Península de Itália, na zona atual da Toscana, onde as florestas ofereciam boa madeira para a construção naval. (Perlin, 2005, p. 107-108)

Estas vastas florestas de pinheiros forneciam ainda resina que tinha uma das principais aplicações no revestimento de cascos de navios de modo a torná-los estanques. Além disso, a resina começa entretanto a ser utilizada com sucesso pelos médicos como remédio para vários males. Com o seu poder cada vez mais forte, os Romanos continuam a sua expansão pela Europa Ocidental e para o Norte de África onde as florestas eram descritas como infindáveis e virgens. Estas florestas eram simultaneamente o maior abrigo dos inimigos de Roma, pois davam guarida às populações locais que lhes lançavam ferozes ataques. (Perlin, 2005, p. 107-108)

O exército Romano era nesta altura uma força militar organizada com táticas de combate em campo aberto, mas nas densas florestas as táticas utilizadas eram de guerrilha e aqui os Romanos não tinham qualquer hipótese de vitória. (Perlin, 2005, p. 108-109)

Com o domínio da Europa o Império Romano começa a desenvolver e a impor o seu estilo de vida. Os banhos públicos fazem parte desses hábitos, onde a população se podia também servir de piscinas aquecidas e de saunas. Para esse aquecimento eram necessárias grandes quantidades de madeira, sendo para isso preciso reservar florestas de modo a abastecer os banhos públicos.

Com o desenvolvimento de técnicas de trabalhar o vidro, como a técnica do sopro, este material tornou-se acessível à população. Deste modo, o vidro começa a invadir o mercado doméstico outrora dominado pelos metais. As habitações podem agora receber luz todo o dia e estar protegidas pela aplicação de vidro nas janelas. (Perlin, 2005, p. 113)

Na arquitetura os Romanos tornam-se extravagantes e consumiram grandes quantidades de madeira, pois nesta época a grande maioria das habitações, anfiteatros e arenas eram ainda construídos de madeira. Os mais abastados construíram as famosas vilas, grandes habitações com um pátio central, algumas delas com aquecimento produzido por uma fornalha que depois libertava o calor através das paredes que circulava através dos buracos dos tijolos. (Perlin, 2005, p. 114)

Em 64 D.C. um grande incêndio devastou a cidade de Roma, e para a sua reconstrução foi utilizado tijolo em vez de madeira. Os arquitetos e os construtores ficaram então maravilhados com este material, pois não ardia e era mais fácil de transportar e trabalhar em obra. Em Roma, devido à grande necessidade que exigia a construção da cidade, o tijolo ficou cada vez mais acessível a todos, mas apesar disso, o uso de madeira não abrandou, pois para cozer o tijolo eram necessárias grandes quantidades de madeira. (Perlin, 2005, p. 116)

Com as florestas a diminuírem, os Romanos começaram a poupar na utilização do material daí proveniente. Deram então início à reciclagem do vidro, pois, fundir o vidro usado consome menos combustível do que fabricá-lo a partir do zero. Porém, na construção, a escassez de madeira continuou a fazer sentir-se, visto que até aqui as vigas de suporte eram constituídas por uma única peça de madeira, o que dada a sua falta (os troncos eram cada vez mais pequenos), foi necessário desenvolver novas técnicas, nomeadamente a junção de várias secções de madeira com argamassas à base de cal de modo a obter uma peça única. (Perlin, 2005, p. 117)

Com a diminuição da madeira e o desenvolvimento de novas técnicas de construção, os Romanos exploram também a energia solar, orientando as salas para o Sul, assim como os banhos públicos. Esta orientação permitia o aquecimento dos banhos públicos durante a tarde, proporcionando que ao final do dia, altura em que eram mais utilizados, estes ainda se encontrassem quentes. Esta orientação foi recomendada por Vitrúvio no seu tratado de arquitetura, norma esta que veio a ser usada pelos mais

abastados nas vilas. O vidro utilizado nas janelas servia para deixar o calor solar entrar e mantê-lo no interior. De facto, estas novas técnicas iam no sentido permitir poupar madeira. (Perlin, 2005, p. 118)

Em Roma e na Península Itálica com o esgotamento das florestas circundantes, os oleiros e os vidreiros tiveram de procurar este material nas províncias, como a Gália, onde podia ser encontrado em abundância e a preço acessível. (Perlin, 2005, p. 121-123)

Como os campos agrícolas nos arredores de Roma também ficaram estéreis, era cada vez mais difícil arranjar alimento para toda a cidade, isto conduziu a que esta ficasse totalmente dependente das suas províncias, quer para se alimentar, quer para se aquecer. Isto apesar de grande parte dos alimentos e da madeira continuarem a ser também fornecidos pelo norte de África. (Perlin, 2005, p. 119-120)

> Pliny, the great Roman natural historian, concurred with Lucretuis that wood was "indispensable for carrying on life." The famous statesman Cicero explained the importance of wood to Roman civilization: "We cut up trees to cook our food…for building…to keep out the heat and cold…[and] also to build ships, which sail in all directions to bring us all the needs of life. (Perlin, 2005, p. 29)

### 2.1.8. IDADE MÉDIA

Com o fim do Império Romano, as grandes cidades começam gradualmente a ser abandonadas, devendo-se isso ao facto de cessarem as grandes trocas comerciais por toda a Europa. Com este facto, as populações voltam-se para a vida rural e abandonam as grandes cidades, que eram agora alvos de pilhagens por partes dos chamados povos bárbaros, originários do norte da Europa, na tentativa de conquistar e dominar novos territórios. (Perlin, 2005, p. 125-129)

Durante cerca de 500 anos a Europa é dominada por estes povos e assim começa a processar-se a separação da Europa em pequenos reinos. Durante este período, os conhecimentos e desenvolvimentos obtidos pelo Império Romano vão-se gradualmente perdendo e os povos que agora dominam a Europa regridem na arte de construir.

Por volta do Séc. VIII as invasões árabes vindas do norte de África influenciam a cultura e o modo de construir na península ibérica e em algumas partes do mediterrâneo. Durante todo este período a grande impulsionadora da construção e da arquitetura foi a Igreja Católica com a construção de Mosteiros e Igrejas um pouco por toda a Europa. Por volta do Séc. X, com o fim das invasões árabes e a consolidação da Europa em pequenos reinos e condados, alguns dos conhecimentos antigos começam a ser recuperados através da criação nos centros urbanos de Universidades. (Perlin, 2005, p. 134-138)

#### 2.1.8.1. PORTUGAL - DESCOBRIMENTOS

Por volta de 1419 é oficialmente descoberta, por João Gonçalves Zarco, Tristão Vaz Teixeira e Bartolomeu Perestrelo, a Ilha da Madeira. Era aqui que se considerava então que começava o novo mundo, a ilha completamente coberta de árvores, foi então chamada de Ilha da Madeira. Cinco anos mais tarde inicia-se a colonização e povoamento da ilha. Á época, a Ilha era descrita como uma infindável floresta tão densa como não havia memória, pois na Europa a procura por madeira era tal que as florestas já não cresciam assim tanto nem se tornavam tão densas. (Perlin, 2005, p. 250)

Com o povoamento da ilha veio o abate da sua vasta floresta, que era agora a grande fornecedora de madeira de primeira qualidade para o reino Português. Para além da madeira disponível na ilha, Portugal viu também uma ótima oportunidade para cultivar um produto também bastante procurado na altura, a cana-de-açúcar, que encontrou nas terras da Ilha da Madeira um ótimo clima para o seu cultivo. Além disso, os seus solos estavam virgens ao contrário dos solos Europeus, exaustos de séculos de exploração agrícola. (Perlin, 2005, p.250-252)

Rapidamente se deu início ao abate de árvores na ilha de modo a providenciar, não só as habitações necessárias aos novos habitantes, mas também às fábricas e fornos das explorações de cana-de-açúcar.

Com o desejo de dominar por completo os mares e o comércio com a Índia, Portugal depressa compreendeu as limitações das suas embarcações, concluindo que para as grandes viagens até à Índia eram necessárias construir outras novas e mais seguras. A madeira proveniente da ilha proporcionava a matéria-prima ideal para tais embarcações. É com elas que Portugal consegue construir as suas naus e finalmente

descobrir o caminho marítimo para a Índia, tornando-se a partir daí o principal fornecedor de especiarias para toda a Europa. (Perlin, 2005, p. 252-253)

> Passamos a grande Ilha da Madeira,
> Que do muito arvoredo assim se chama;
> Das que nós povoamos a primeira,
> Mais célebre por nome do que por fama.
> Mas nem por ser do mundo a derradeira,
> Se lhe avantajam quantas vénus ama;
> Antes, sendo esta sua, se esquecera,
> De Cypro, Guido, Paphos e Cythera.
> (Camões, 1572, p. 87)

Com o domínio Português sobre o comércio com a Índia, Espanha tentava a todo o custo encontrar uma rota mais eficiente que lhe permitisse dominar este mercado. Nesta altura já se acreditava que a terra era redonda e pensava-se que era assim possível alcançar a Índia indo diretamente através do Oceano Atlântico, tendo sido esta convicção que lhe permitiu alcançar as primeiras ilhas do outro lado do Atlântico, agora conhecidas como as Caraíbas, descobertas em 1492 por Cristovão Colombo. Aí, ficaram surpreendidos com as vastas florestas virgens que encontraram. (Perlin, 2005, p. 254)(Canas, 2002)

Após o anúncio da descoberta das Américas, outras se seguiram, e o continente Americano foi sendo conhecido aos poucos. Em 1500 Portugal descobre e coloniza o Brasil e fica surpreendido com a abundância de floresta que era de tal que os exploradores caminhavam durante dias sem se lhes encontrar o fim. As copas das árvores eram de tal maneira densas que quase não deixavam passar a luz do sol, levando a que os exploradores tivessem muitas vezes que trepar às árvores mais altas para se conseguirem orientar e regressar ao local de onde tinham partido. (Perlin, 2005, p. 255-257)(Fafe, 2013)

Com tanta abundância, facilmente se esquecem os tempos em que a madeira escasseava e em que a regulamentações eram apertadas. A Ilha da Madeira que outrora fora o símbolo do novo mundo cheio de abundância de madeira de qualidade fica, ao fim de cerca de 240 anos de exploração, totalmente dizimada e desprovida de madeira. (Perlin, 2005, p. 258-259)

> the Ceder tree, once a denizen of the Island, is no longer found; and only the ceiling of the cathedral and of old houses, which are constructed of this costly material show the magnitude which this noble tree formerly attained in the Island. Of the Dragon tree

> which was once the ornament of Madeira, there are at present, in the whole island, only six or seven specimens in existence, which are shown as curiosities to strangers. (Perlin, 2005, p. 258)

Tal como na Ilha da Madeira, também as ilhas das Caraíbas viriam a sofrer o mesmo destino, com as plantações de cana-de-açúcar e a exploração agrícola que dizimaria por completo as suas florestas. Ao fim de alguns anos a própria produção agrícola estava em risco, pois os outrora solos férteis estavam a perder a sua capacidade produtiva. O enriquecimento dos solos era conseguido até então com as folhagens caídas das árvores que assim os alimentavam de preciosos nutrientes. Sem árvores para proporcionar tais folhagens os solos rapidamente perdem a sua fertilidade devido ao cultivo intensivo. (Perlin, 2005, p. 258-259)

#### 2.1.8.2. EUROPA

Durante a idade média na Europa a construção corrente era toda de madeira, apesar das grandes estruturas pertencentes aos reis, nobres e clero serem construídas em alvenaria, sendo as coberturas e os pavimentos construídos de madeira. As construções em alvenaria aparecem então também para fazer face às inúmeras guerras e pilhagens, uma vez que este material aguentava o fogo melhor que a madeira. Desenvolve-se assim a construção em alvenaria, sendo criadas técnicas de extração e de transformação da pedra para a construção de edifícios. No entanto, como foi referido anteriormente, só os grandes edifícios são construídos em pedra, pois os custos de extração, transformação e transporte desta são grandes quando comparados com os custos da madeira. (Brites, 2011, p. 13-16)

Por volta de 1530 a Inglaterra estava completamente dependente do estrangeiro dado que todas as armas, vidro, metais e até roupa eram dai provenientes. A Espanha trazia grandes riquezas da recém-descoberta América Central e Portugal dominava o comércio das especiarias vindas da Índia através da sua rota marítima. No entanto a Inglaterra era rica em recursos, simplesmente não os utilizava. (Perlin, 2005, p. 163-165)

Quando se dá um grande embargo por parte da Espanha e da França no fornecimento de armas e de outros bens a soberania Inglesa sente-se ameaçada e a Inglaterra começa a explorar os seus recursos naturais. É ordenada a criação de uma indústria do ferro para o fabrico de armas e as vastas florestas de carvalho e faia do sul são

utilizadas como combustível e matéria-prima para a sua frota naval. Outras indústrias são também criadas de modo a obter a autossuficiência e a independência dos países do continente. São dados apoios a quem quiser construir indústrias no país e os bens transacionados com o continente só podem ser feitos com navios que ostentem a bandeira Inglesa. (Perlin, 2005, p. 165-167)

> The dire consequences of deforestation foreseen by Harrison and Norden began to materialize in the early part of James I's reign. In south Wales "for want of wood," builders had to revert to lime and stone when constructing houses. They also encountered difficulties in finding timber for floors and roofs. Worse yet, when the Great Frost of January 1608 hit, people in the country feared they would die of cold "for want of wood." (Perlin, 2005, p.191)

No início do séc. XVII começa também o uso de carvão mineral, diminuindo assim o uso de carvão vegetal e madeira nos fornos metalúrgicos e de vidro. Um dos inconvenientes do uso de carvão mineral é a poluição gerada pela queima do mesmo que deixa o ar pesado e difícil de respirar. (Perlin, 2005, p. 224)

Com a falta de madeira no reino, e com a passividade do Parlamento Inglês, o rei James I, usa o seu poder e proíbe o mau uso da madeira, tendo legislado no sentido de não se poder construir nenhuma casa nova no raio de 1 milha da cidade de Londres, exceto se esta fosse construída com pedra ou tijolo (presumia-se que o tijolo fosse cozido com carvão mineral caso contrario a medida seria ineficaz). (Perlin, 2005, p. 193)

Apesar de se considerar na época que os fornos de tijolo eram responsáveis por grande parte da madeira gasta na ilha, os construtores que não acatassem a nova ordem do rei seriam punidos com a demolição da casa. Uma década mais tarde, uma nova proibição é emitida pelo rei, sendo desta vez a proibição dirigida aos fabricantes de vidro, que ficavam assim sem carvão vegetal para alimentar os seus fornos. (Perlin, 2005, p. 193-195)

O rei achava um mal menor deixar de utilizar vidros nas janelas e regressar aos tempos antigos, em que as janelas não tinham vidros, se fosse esse o preço a pagar para proteger a floresta. Felizmente foi encontrada uma maneira de alimentar os fornos com carvão mineral. No entanto, a indústria em geral, bem como as fundições mudaram-se para outras regiões da ilha e para a Irlanda em busca de novas florestas. (Perlin, 2005, p. 193-195)

Após algumas décadas de desentendimentos entre o Parlamento e o Rei, o país entra em guerra civil em 1643. O Rei refugia-se em Newcastle, ficando o Parlamento em Londres. Na época, Newcastle era o principal fornecedor de carvão para a cidade de Londres e era também daí que vinha a maior parte do rendimento do Rei. Sabendo disso, o Parlamento proíbe a compra de carvão proveniente de Newcastle acusando quem o tentasse comprar de traição e financiamento do seu inimigo, o Rei. (Perlin, 2005, p. 221-223)

Com o inverno a aproximar-se e sem carvão para se aquecer os cidadãos de Londres começam desesperadamente a procura de combustível, sendo a importação de carvão considerada traição, estes arriscam o abate de árvores nas imediações da cidade. Em face desta atuação da população, o Parlamento deu ordem para que se criasse uma zona com um raio de 6 milhas da cidade para o seu aquecimento. Foram escolhidas para o efeito zonas florestais pertencentes a apoiantes do Rei. (Perlin, 2005, p. 221-223)

Nesse inverno devido à escassez deste combustível os construtores tiveram imensos problemas em arranjar tijolos para as obras, e apesar destes normalmente já serem mal cozidos, nesta época a cozedura era de tal forma pobre que os próprios tijolos não aguentavam com as fiadas superiores e desfaziam-se. (Perlin, 2005, p. 221-223)

No entanto, apesar de todos os esforços por parte do Rei e do Parlamento a desflorestação continuou, e um estudo feito na altura demonstrou que no espaço de 60 anos a floresta da ilha Britânica e da ilha Irlandesa diminuiu consideravelmente. “The destruction was on such a scale that it required the redrawing of Irish maps.” (Perlin, 2005, p. 213)

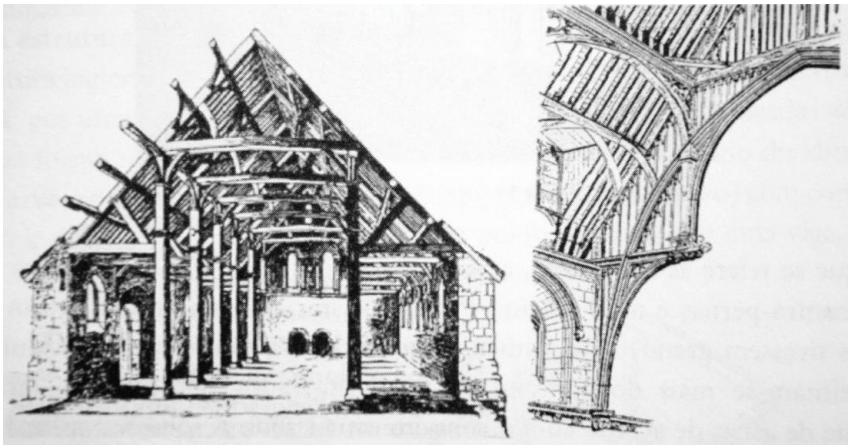


**Ilustração 4 –** Sistemas de cobertura da Idade Média (Cachim, 2007, p. 28)

Em 1666 a cidade de Londres é devorada por um enorme incêndio que a reduz a cinzas. Para a sua rápida reconstrução é necessária uma enorme quantidade de madeira, que era simultaneamente precisa pelos construtores navais. Inicia-se então uma escalada imparável de preços que obriga o Rei a aliviar a legislação restritiva no abate e na importação de madeira. No decorrer deste processo e após a reconstrução de Londres, a Inglaterra fica com um grave défice de madeira, que a irá obrigar a importar toda a madeira utilizada para a construção naval. No entanto, ainda havia no país bastante madeira disponível, mas esta encontrava-se longe dos rios e da costa por onde era usual fazer o transportar até ao seu destino. Todavia, quando esta se acabou houve tentativas de cortar a madeira no interior da ilha, todavia o problema do transporte leva a Inglaterra a recorrer à importação de madeira para satisfazer as suas necessidades. (Perlin, 2005, p. 218-220)

Com a escassez deste material, as indústrias que ainda o usavam como combustível assim como o carvão vegetal foram forçadas a alterar o seu método de produção para passar a utilizar o carvão mineral. Entretanto, o carvão mineral também começa a escassear perto de zonas navegáveis, obrigando a procura de minério no interior da ilha, o que vem colocar novamente o problema do transporte de grandes quantidades deste de forma económica e atempada. (Perlin, 2005, 229-234)

É então que aparece o precursor do caminho-de-ferro, o caminho de carroças, que eram construídos inteiramente de madeira, tanto as travessas como os carris e as carruagens. Com este método um cavalo poderia puxar 3 carruagens em vez de 1. Assim, inicia-se também a construção de canais navegáveis pelo interior da ilha, que serviriam também para transportar bens, tais como o carvão mineral e a madeira. É num destes canais que é criado o primeiro barco a valor que se viria a revelar um importante avanço no modo de transporte, permitindo ainda encurtar o tempo de viagem das mercadorias. (Perlin, 2005, p. 229-234)

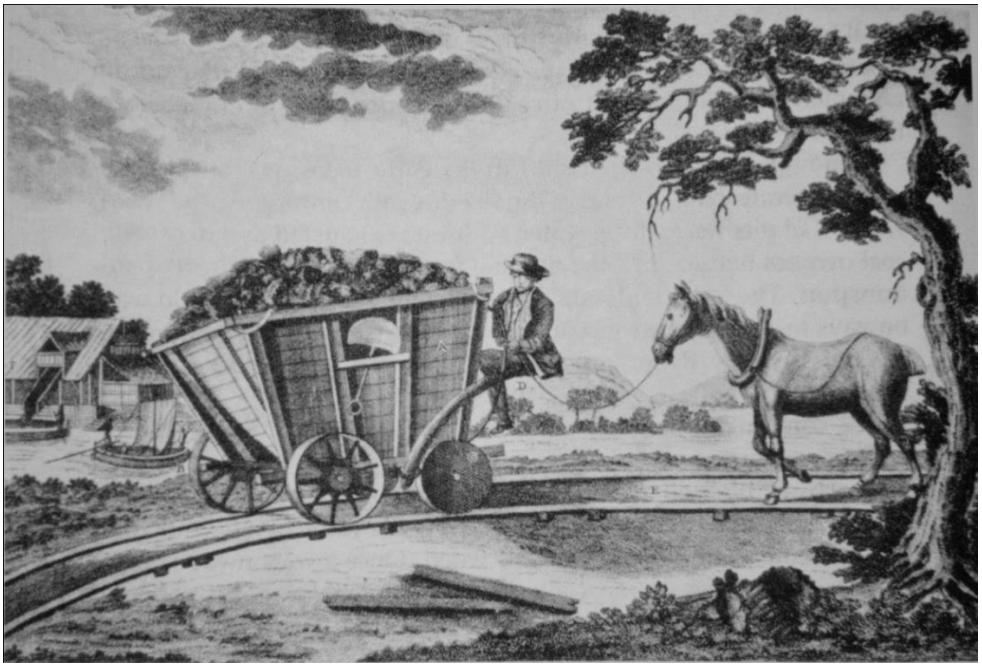


**Ilustração 5 –** Caminho de carroças precursor do caminho-de-ferro (Perlin, 2005, p. 232)

> Europeans had come to believe, according to Thomas Pownall, an eighteenth-century write on American natural history, that the globe "in its natural state [was] universally covered with wood." This pristine ideal differed sharply with the deforested state of eighteenth-century Europe. In contrast, a country whose forest seemed untouched was considered "yet a new world to the [people] of Europe," Pownall concluded. (Perlin, 2005, p. 249)

### 2.1.9. REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Com a revolução industrial grandes mudanças afetam o ser humano e vêm revolucionar o modo como o homem se desloca. A invenção do caminho-de-ferro e do motor a vapor revolucionam o modo como o homem se desloca. A produção em série torna acessível a toda a população bens até então reservados aos mais abastados. A invenção do cimento Portland vem revolucionar o modo como se constrói na Europa e a madeira começa a ficar para segundo plano na construção, e nos combustíveis. Também há alterações na utilização do carvão vegetal que é completamente substituído pelo carvão mineral, que era agora mais acessível, fácil de obter e transportar do que o carvão vegetal e o seu método de transformação obsoleto. Um pouco por toda a Europa os efeitos da revolução industrial e da era do ferro fazem-se sentir. O ferro agora produzido em grande escala torna-se num material primordial

para a construção de edifícios graças à sua trabalhabilidade[2] e resistência. As pontes e grandes estruturas passam a ser projetadas e construídas em ferro, sendo que a abundância e a facilidade de trabalhar este material era agora possível numa escala industrial. No continente americano devido à sua crescente população, e também devido à abundância de madeira, as construções com este material são mais usuais. Desta forma, são desenvolvidas técnicas de pré-fabricação para as casas de madeira, técnicas essas que serão mais tarde adaptadas ao aço e a outros materiais que proliferaram com a revolução industrial. No entanto, e apesar de a produção em massa ter uma grande expressão, só no final do séc. XIX e início do séc. XX é que surge a necessidade de construir em altura, é então que a madeira é então substituída pelo aço e pelo betão. No entanto quer nos subúrbios das grandes cidades, quer nas cidades de menor dimensão, a madeira tem continuado a ser utilizada até aos dias de hoje. (Cachim, 2007, p. 28-29)

## 2.2. A MADEIRA NO EDIFICADO

Neste subcapítulo pretende-se mostrar de um modo mais detalhado a evolução cronológica das construções desde os primeiros abrigos pré-históricos até aos dias atuais. Como foi mostrado no capítulo anterior a madeira sempre foi utilizada nas construções do homem. Isto é, de uma maneira ou de outra a madeira esteve sempre presente como material construtivo ou decorativo nas edificações. De facto, só com a revolução industrial se conseguem produzir outros materiais em quantidade suficiente de modo a substituir a madeira no edificado.

### 2.2.1. PRÉ-HISTÓRIA

Com o fim da era glaciar o Homem abandona gradualmente as cavernas, deixando o seu abrigo mais permanente e parte durante longos períodos em busca de alimento. Para estas jornadas o Homem construía abrigos temporários nas zonas de caça, que serviam para abrigar a tribo enquanto faziam emboscadas às manadas que pastavam naquele território. (Brites, 2011, p. 5-7)(Cachim, 2007, p. 21-22)

Os primeiros abrigos foram construídos com ramos de árvores e troncos que eram enterrados no chão e amarrados no topo, sendo posteriormente cobertos com terra e

[2] Trabalhabilidade: ENGENHARIA – propriedade de um material poder ser facilmente preparado e aplicado em obra. (Porto Editora, 2013)

folhas de forma a criar uma cúpula que servisse para abrigar os homens dos elementos[3]. Foi com a descoberta dos metais (cobre, bronze e ferro), que se abre um novo leque de usos para a madeira, pois esta podia agora ser cortada e trabalhada com mais rigor.

Alguns destes abrigos foram encontrados em Terra Amata, em Nice, França, sendo construídos com ramos de árvores rodeados de pedras. A planta era oval e as suas dimensões variavam de 8 a 15 metros de comprimento e 4 a 6 metros de altura, com capacidade para albergar cerca de 15 pessoas. (Brites, 2011, p. 5-7)

**Ilustração 6 –** Á esquerda a construção do abrigo temporário, à direita o abrigo terminado. (Carr, 2013)(Carr, 2013)

Posteriormente com a agricultura o Homem deixa de ser nómada e passa a ter necessidade de criar abrigos mais duradouros.

Acredita-se que África é o berço da Humanidade, por isso pensa-se que terá sido ai que tiveram origem os primeiros abrigos de madeira construídos pelo Homem. Estas construções vieram a espalhar-se por toda a Europa e Ásia à medida que o Homem se deslocava para estes territórios. (Brites, 2011, p. 5-7)

Acredita-se que os primeiros tipos de abrigo permanente construído pelo Homem terão sido as habitações escavadas na terra, que lhe serviria de parede, sendo a cobertura construída com troncos usados como pilares ao centro que sustentavam outros que faziam a ligação com as paredes do fosso. (Vaz, 2008, p. 3)

Esta cobertura seria posteriormente tapada com ramos e folhas de modo a oferecer uma proteção mais homogénea. Em alguns casos acredita-se que existia uma abertura deixada ao centro que serviria de entrada para a habitação, através de uma escada vertical. (Vaz, 2008, p. 3)

[3] Chuva, vento, sol.

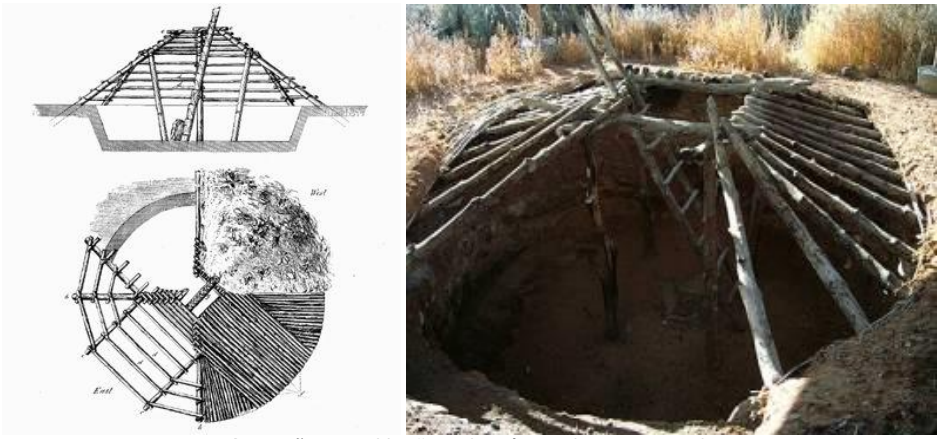


**Ilustração 7 –** Habitações subterrâneas. (Vaz, 2008, p. 3)

Noutros casos podia ser também aproveitada a topografia do terreno ou escavada uma entrada numa das paredes. A abertura ao centro da cobertura servia também para a saída de fumos provocados pelas fogueiras. A planta era normalmente circular, havendo no entanto também plantas retangulares. Os abrigos circulares variavam entre 7,50 a 12 metros de diâmetro, enquanto o fosso tinha por norma 1 metro de profundidade, ficando a cobertura sensivelmente 2 metros acima da cota do solo. (Torres, 2010, p. 3)

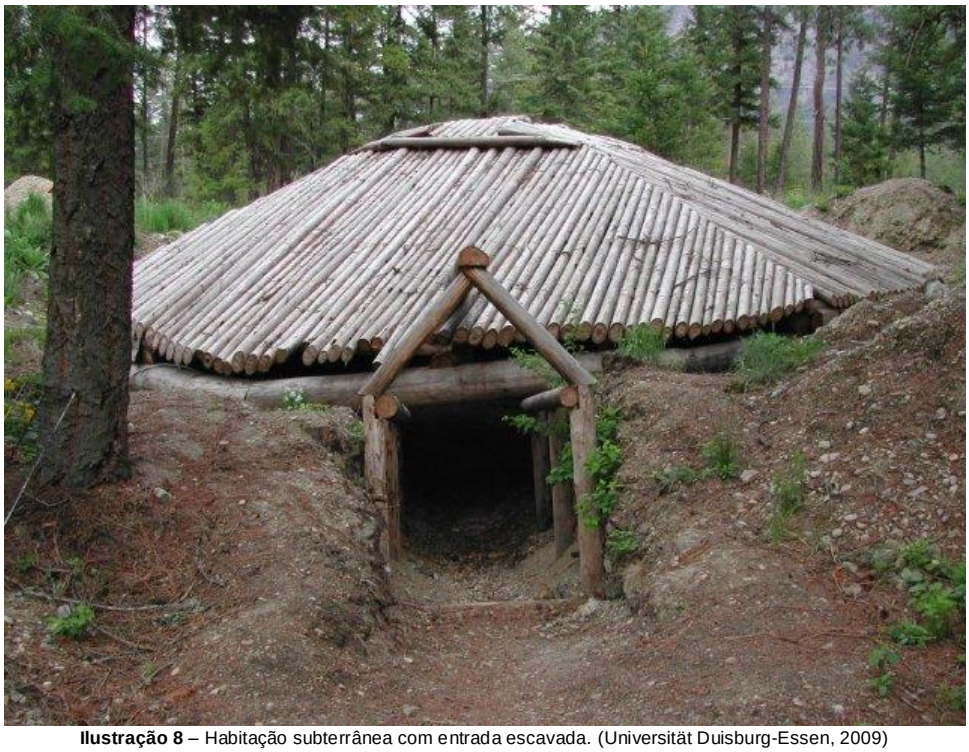


**Ilustração 8** – Habitação subterrânea com entrada escavada. (Universität Duisburg-Essen, 2009)

Posteriormente o Homem percebeu que as habitações subterrâneas tinham alguns defeitos e problemas de durabilidade, por isso começa a mudar a forma de construir as suas habitações e deixa de escavar na terra. Estas, passam então a ser

construídas ao nível do solo, sendo a madeira usada como material estrutural, com os pilares enterrados no chão e as paredes constituídas por ramos e folhas que eram revestidos com barro para se conseguir melhor isolamento e proteção.

Posteriormente, e de modo a obter mais proteção e conforto, é desenvolvida a técnica de construção com troncos sobrepostos com entalhes nos cantos. Trata-se de um processo simples que requer apenas um encaixe nos topos dos troncos de modo a fazer a sua ligação. Os troncos eram dispostos na horizontal e os entalhes faziam o travamento da estrutura. Neste período, surge também a necessidade de mobiliário interior.

Mais tarde, tenta-se evitar o contacto da estrutura com o solo e são feitas bases de pedra onde é assente a estrutura de madeira, conseguindo-se assim evitar o apodrecimento desta. Nas zonas costeiras e onde existia o risco de cheias sazonais, as casas eram construídas sobre estacas de modo a elevar toda a habitação do solo. Esta técnica em Portugal ainda hoje existe e pode ser encontrada nas construções Avieiras das margens do Tejo, nos palheiros do Mira e no porto Palafítico da Carrasqueira. (Brites, 2011, p. 7)

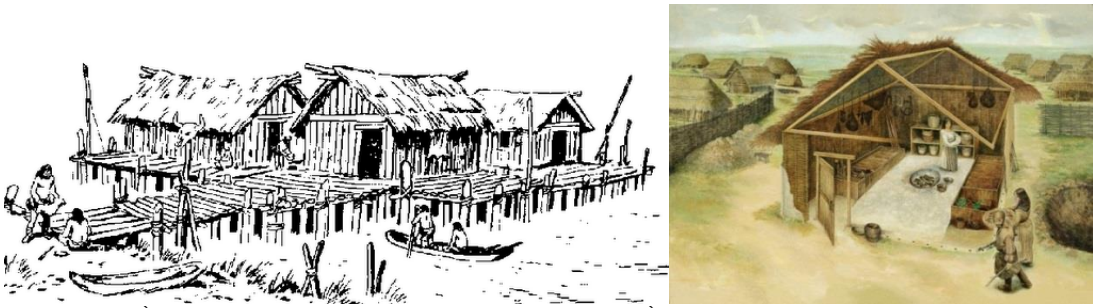


**Ilustração 9** – À esquerda uma representação de uma habitação palafítica. À direita uma representação de uma habitação. Ambas as imagens referem habitações do período Neolítico. (Moni, 2011)(Ferreira, 2011)

Inicialmente as ligações entre os troncos deveriam ser realizadas simplesmente entrelaçando os diversos troncos de modo a ficarem seguros e posteriormente através da utilização de fibras e cordas.

### 2.2.2. AS PRIMEIRAS GRANDES COMUNIDADES

Com a evolução humana e com a transformação de pequenas tribos em grandes comunidades, os edifícios tiveram que se adaptar a esta mudança. Como exemplo

disso temos os achados arqueológicos perto da cidade de Sittart, na Holanda, onde foram encontradas fundações de edifícios que tinham cerca de 80 metros de comprimento. Um outro exemplo é o de Woodhenge situada a cerca de 3 km de Stonehenge na Inglaterra, onde existem vestígios do que se acredita ser um edifício de madeira de planta circular, com cerca de 50 metros de diâmetro, sendo a sua finalidade desconhecida pois os únicos vestígios encontrados foram as suas fundações. (Brites, 2011, p. 7)(Soskin e Bott, 2010)

**Ilustração 10-** Possíveis representações do edifício de Woodhenge. (Stonehenge Administration Office, [s.d.])(Soskin e Bott, 2010)

A mais espetacular estrutura desta época está localizada em Stanton Drew, na Inglaterra, revelando os vestígios aí encontrados por arqueólogos[4] uma enorme estrutura para a época. Muito se tem especulado sobre a sua finalidade: era constituída por 9 círculos concêntricos espaçados entre si cerca de 3 a 4 metros, sendo os troncos, com 1 metro de diâmetro, afastados 1 metro. A estrutura tinha um diâmetro de cerca de 100 metros desconhecendo-se a altura que teriam os troncos. (Soskin e Bott, 2010)

Alguns investigadores defendem de que se tratava de uma arena e que os troncos seriam o suporte de um estrado, enquanto outros sustentam que era a representação de uma floresta onde os caçadores competiam contra feras. (Soskin e Bott, 2010)

[4] Arqueólogos do Ancient Monuments Laboratory of English Heritage.

**Ilustração 11** – Possíveis representações da estrutura encontrada em Stanton Drew. (Soskin e Bott, 2010)

### 2.2.3. MESOPOTÂMIA

Na cidade de Ur, perto de Uruk, o tipo mais comum das habitações populares era de dois pisos, como a apresentada na ilustração 12. No piso térreo localizava-se o pátio, que era utilizado para a receção de convidados, além da cozinha e das instalações sanitárias. No piso superior estavam instalados os quartos que constituíam as zonas privadas. Quer a estrutura, quer os pisos destas habitações eram de madeira, sendo as paredes de adobe, enquanto a cobertura era também de madeira, balançada em relação à parede de modo a protege-la das chuvas. (Brites, 2011, p. 8-9)

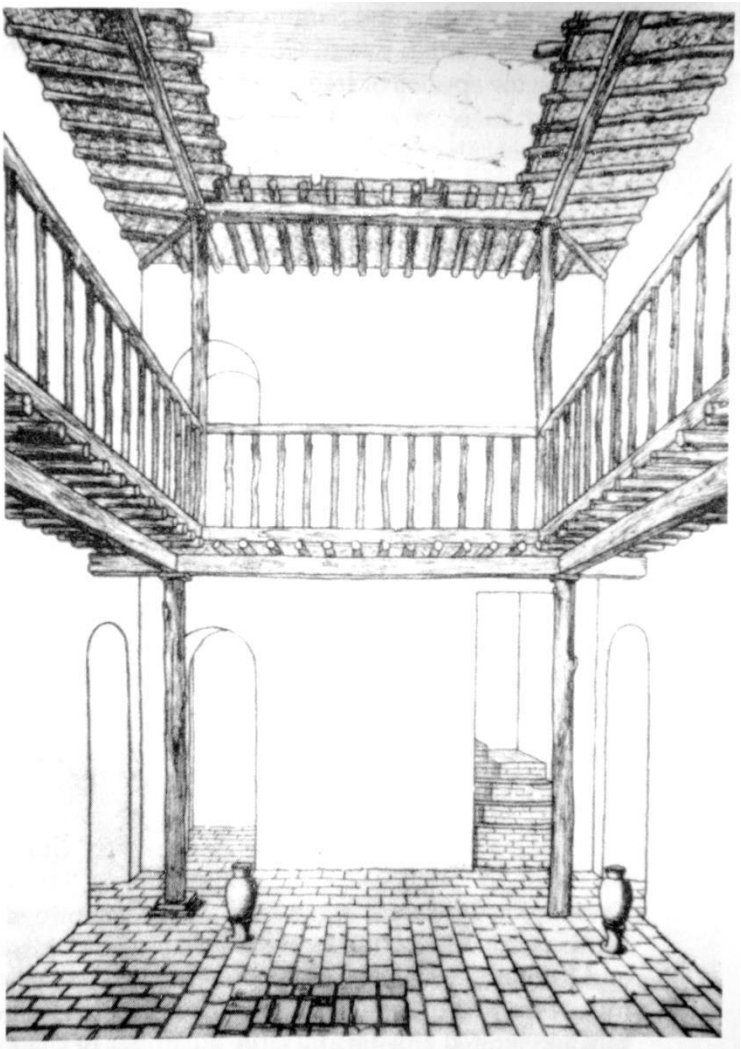


**Ilustração 12** – Representação de uma casa em Ur com a sua estrutura em madeira (Perlin, 2005, p. 41)

### 2.2.4. GRÉCIA

Na Grécia, por volta de 421 A.C., os núcleos urbanos começavam a ser pensados tendo em conta também as necessidades energéticas. Na cidade de Priene, as ruas foram dispostas segundo uma quadrícula, enquanto as ruas principais se estendiam de Este para Oeste de modo a que todas as casas, independentemente do tamanho, ficassem expostas a Sul (as casas eram encostadas tanto quanto possível às colinas de modo a protegerem-se dos ventos de inverno), sendo as paredes construídas com adobe ou alvenaria de pedra e os pisos e a cobertura (normalmente de duas águas), eram feitos de madeira. Para as coberturas eram utilizadas asnas simples, que poderiam vencer vãos de até 13m, apoiadas nas paredes ou em colunatas de pedra. A madeira era também utilizada nos pavimentos dos pisos superiores. (Perlin, 2005, p. 94-98)

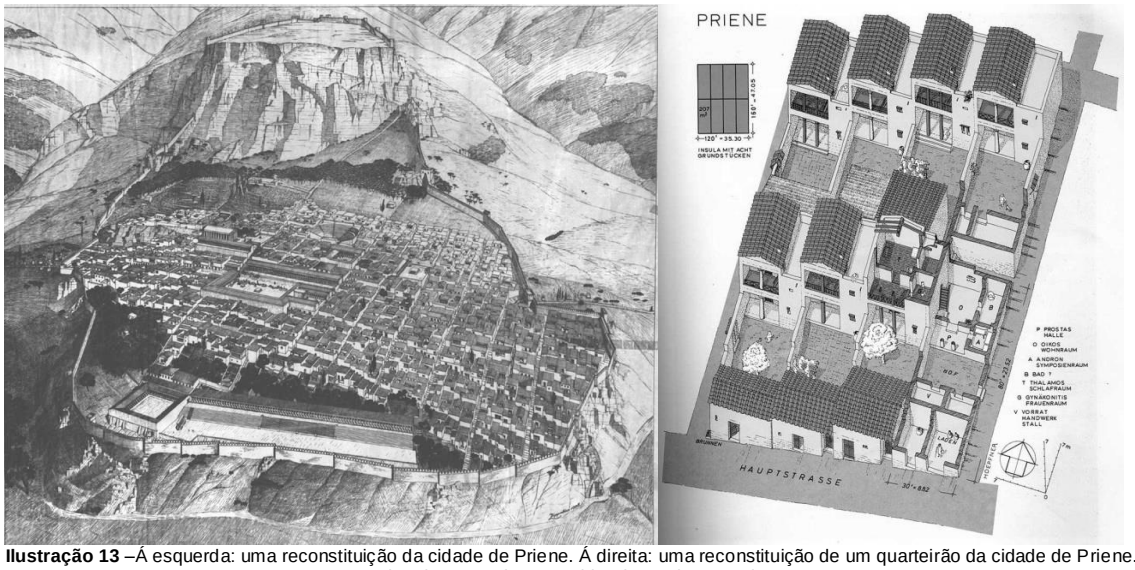



**Ilustração 13** –Á esquerda: uma reconstituição da cidade de Priene. Á direita: uma reconstituição de um quarteirão da cidade de Priene. (Hecker e Decker, 2008)(Prokopowicz, 2011)

As habitações de Priene tinham por norma uma planta retangular que era dividida por um pátio, a Sul do qual estava localizada a loja onde o artesão trabalhava e comercializava os seus trabalhos. A Norte do pátio ficava a habitação que era constituída por dois pisos, sendo no inferior que se localizava o pórtico de entrada. Este local era entendido como uma zona social, ficando à direita o andron, uma pequena sala que servia de zona de reflexão. Havia também uma sala de estar e uma instalação sanitária. No piso superior, ficavam localizados os quartos que eram divididos de acordo com as necessidades da família, existindo ainda neste piso um pequeno quarto reservado à mulher. Estas tipologias estavam inseridas num lote com cerca de 9 metros da largura por 23,5 metros de comprimento. (Perlin, 2005, p. 94-98)

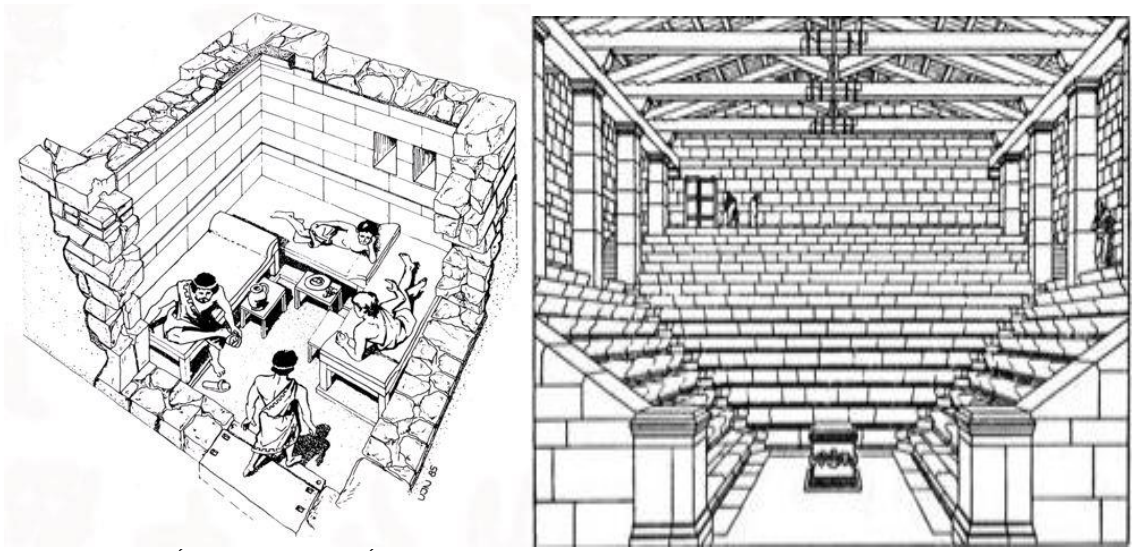
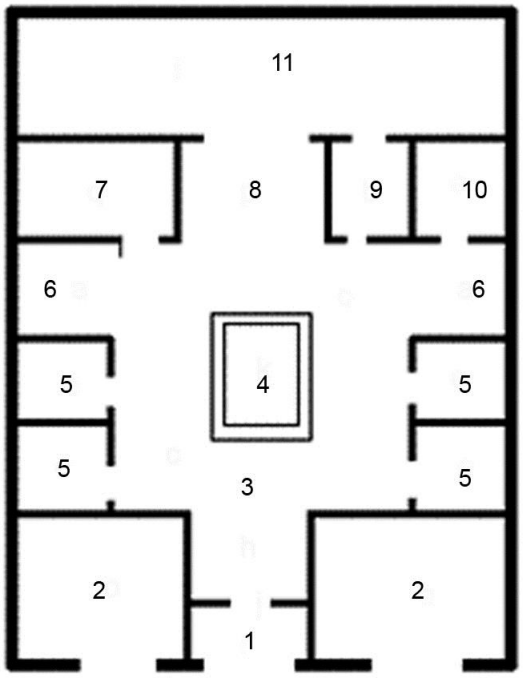


**Ilustração 14** – Á esquerda: o Andron. Á direita: representação de um edifício da cidade de Priene com a cobertura de asnas de madeira. (University of Washington, [s.d.])(*Lecture 17 - Greece 3 - Classical/Hellenistic Period*, [s.d.])

### 2.2.5. IMPÉRIO ROMANO

Alguns dos achados mais interessantes referentes às antigas vilas do Império Romano foram encontrados em Pompeia. Devido à grande erupção do vulcão Vesúvio em 79 D.C. toda a cidade ficou soterrada e a maioria da população não conseguiu fugir a tempo acabando por morrer praticamente nos locais onde estavam. Durante o Império Romano as vilas e habitações mais abastadas eram normalmente de piso térreo, estas seguiam a planta ideal descrita por Vitrúvio no seu tratado de arquitetura[5]. A dimensão das vilas dependia da capacidade e necessidades de cada família. As casas podiam ter desde algumas dezenas de metros de comprimento até a um quarteirão inteiro. (Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)




1 - Vestibulum - Entrada
2 - Taberna - Loja
3 - Atrium
4 - Impluvium
5 - Cubiculum - Quarto
6 - Ala
7 - Triclinium - Zona de Comer
8 - Tablinum - Zona de Passagem
9 - Latrina - Casa de Banho
10 - Culina - Cozinha
11 - Jardim

**Ilustração 15** – Planta típica de Pompeia (Ilustração nossa, 2013)

A planta acima indicada representa uma habitação típica de Pompeia. O vestibulum (1) era a entrada principal da habitação (podendo existir outras), sendo ladeados pelas lojas (2) que eram espaços utilizados pelo dono da casa para o seu próprio negócio,

[5] Vitrúvio descreve no seu tratado de arquitetura 5 tipos de habitação, cada uma para um ambiente geográfico diferente. Estes eram: o Toscano, o Coríntio, o Tetrastilo, o Displuviado e o Testudinado. No caso de Pompeia o indicado era o tipo Toscano que é descrito da seguinte forma: "Os Toscanos são aqueles nos quais as traves dispostas no sentido da largura do átrio têm pranchas e telhas que correm das esquinas das paredes até aos ângulos dos vigamentos, sendo assim lançadas as águas das chuvas sobre o ripado na direção central do complúvio. (Rua, 1998)

mas poderiam ser alugadas a outros. O atrium (3) era um dos espaços mais importantes da casa, onde muitos dos negócios da família eram efetuados. O impluvium (4) constituía um pequeno lago que servia para recolher água da chuva que depois seria utilizada na rega e noutras lides domésticas. Os cubiculum (5), eram os quartos da casa, estes eram bastante pequenos e muitas vezes não tinham qualquer janela, por ser simplesmente um espaço de dormir sem qualquer outra função adicional. As alas (6) eram oratórios onde eram guardadas as recordações dos antepassados, como bustos e telas. O espaço de comer era aberto para o atrium e mais tarde passou também a ser aberto para o jardim. O tablinum (8) começou por ser o quarto principal da casa mas, mais tarde, converteu-se em zona de passagem que fazia a ligação entre o atrium e o jardim. O jardim era provavelmente o espaço mais importante da casa e com a evolução da casa romana vem a ganhar grande importância através de uma colunata que o rodeia, sendo que as famílias mais abastadas chegavam a ter mais que um jardim. Neste tipo de habitação o principal material utilizado na sua construção é o tijolo, sendo todavia a madeira usada nas coberturas e nos revestimentos. As paredes destes edifícios eram por norma estucadas e pintadas com frescos e os pavimentos eram cobertos com mosaicos. (Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)

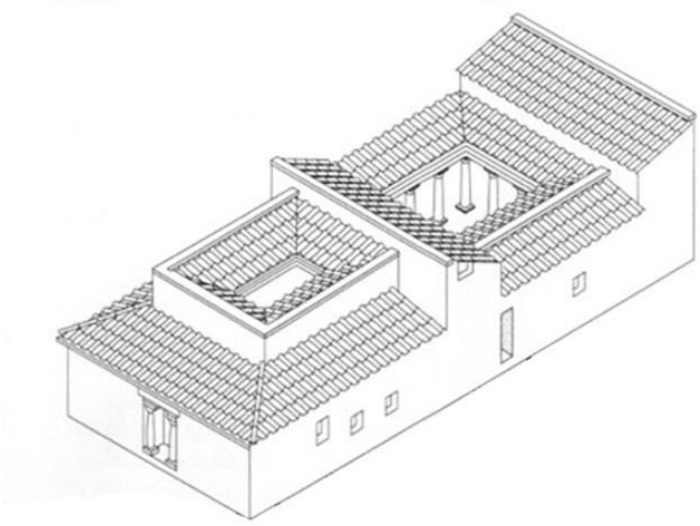


**Ilustração 16** – Habitação Romana. (Western Michigan University, [s.d.])

De modo geral, as divisões referidas anteriormente permanecem, variando o seu número e a forma da planta. (Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)

Na arquitetura religiosa e do estado a madeira tinha um papel fundamental, por ser utilizada como molde para a construção de arcos e abobadas. Com a descoberta e desenvolvimento de argamassas, em especial do Opus Caementicium, que era uma espécie cimento romano, a madeira é utilizada como cofragem, para construir moldes para as paredes, que posteriormente eram cheios com esta argamassa. Esta argamassa era constituída por materiais naturais[6] que quando misturados com água formavam uma substancia líquida que após a secagem era extremamente forte. (Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)

**Ilustração 17** – Corte de uma habitação de Pompeia. (Louise C, 2011)

Como curiosidade alguns mosaicos encontrados na entrada de algumas habitações em Pompeia tinham a imagem de um cão com a inscrição “Cave Canem” que significa cuidado com o cão. (Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)

**Ilustração 18** – Imagem de um mosaico Cave Canem em Pompeia. (Curran, 1997)

[6] Cascalho, cal, areia e pozolana (substância vulcânica)

No norte da Europa e fora da influência romana as casas de madeira eram as mais utilizadas devido à abundância deste material naquela região e as boas propriedades térmicas do mesmo tornavam-no ideal para uma construção rápida e prática. (Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)

O método construtivo mais utilizado é a construção com troncos de madeira e embora tenha havido algumas experiências com os troncos na vertical, rapidamente se percebeu que o melhor método seria usá-los na horizontal. Este processo proporcionava uma melhor estanquicidade e não necessitava de ligações complexas ao contrário do que acontecia com os troncos dispostos na vertical. (Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)(Kleiner, 2009)

### 2.2.6. IDADE MÉDIA

Como já foi mencionado o fim do domínio Romano os grandes centros urbanos desaparecem e a população europeia regressa gradualmente à vida rural. Nos edifícios religiosos a madeira era utilizada nas estruturas dos edifícios e nas coberturas e na maioria dos revestimentos. Além disso a madeira era também utilizada, tal como na era Romana, nos andaimes e moldes que eram usados na construção como podemos ver na ilustração 19.

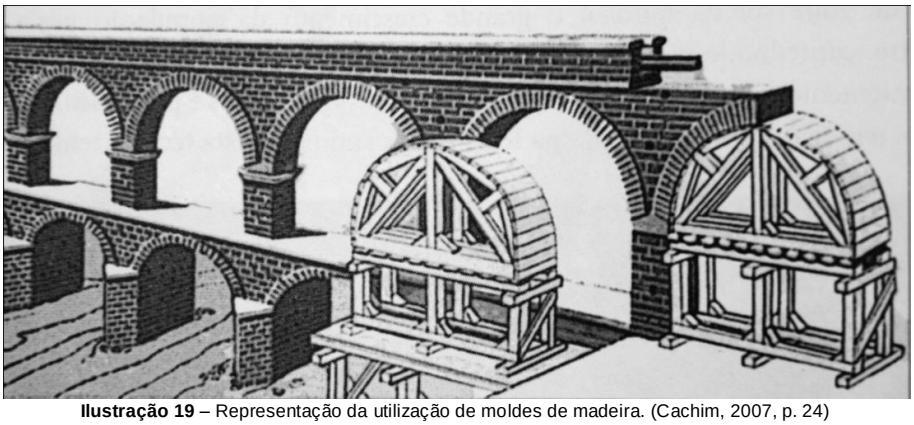


**Ilustração 19** – Representação da utilização de moldes de madeira. (Cachim, 2007, p. 24)

Nesta época a pedra estava reservada aos edifícios de maior importância como era o caso dos edifícios religiosos e da nobreza. Os restantes edifícios eram construídos em madeira e alvenaria, recorrendo para isso a dois sistemas construtivos, a estrutura em A (cruck frame) ou a estrutura de caixa (half timbered). A estrutura em A é alusiva à forma de uma estrutura de madeira que era constituída por vários pórticos igualmente afastados entre si, cada um deles com a forma de A. (Cachim, 2007, p.26)

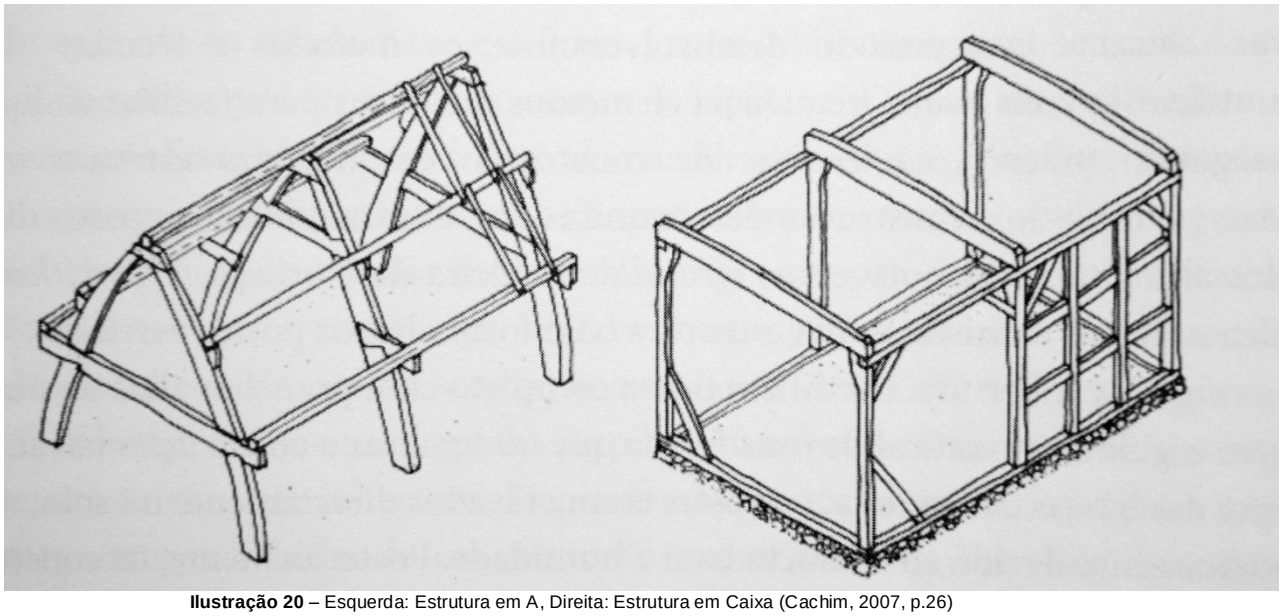


**Ilustração 20** – Esquerda: Estrutura em A, Direita: Estrutura em Caixa (Cachim, 2007, p.26)

A estrutura em caixa era constituída por vigas e pilares de madeira com algumas ligações diagonais de modo a conferir resistência às ações horizontais. Em ambas as estruturas as paredes eram cheias com alvenaria o que acabava por lhe conferir mais estabilidade, no caso da estrutura em A esta já incluía a estrutura da cobertura, enquanto que, na estrutura em caixa eram utilizadas asnas simples de madeira para efetuar a cobertura. A grande vantagem da estrutura em caixa era a facilidade de suportar um piso superior com as mesmas dimensões. Esta estrutura é a "precursora" do que mais tarde virá a ser conhecido em Portugal como a estrutura Pombalina. Estas estruturas eram utilizadas sobretudo nos grandes centros e dentro das muralhas. (Cachim, 2007, p. 27-28)(Cruz, 2013)

### 2.2.7. AMÉRICA DO NORTE

Após a colonização da América do Norte todas as construções são em madeira, o fim da guerra da independência marca o arranque da expansão pelo território Americano[7],

[7] Durante o século XIX o mundo assistiu à ascensão dos Estados Unidos da América como uma grande potência. A primeira fase deste processo, que consolidou o papel dos EUA no panorama mundial, foi marcada pela conquista do Oeste, iniciada em 1787 com a ocupação de áreas no então Noroeste (que actualmente pertencem aos estados do Ohio, de Indiana, de Illinois e do Michigan), regiões onde se fixaram os colonos provenientes da Nova Inglaterra e de Nova Iorque.
Os novos colonos eram agricultores e criadores de gado que, para exercerem as suas actividades produtivas, abateram florestas e arrotearam terrenos de modo a afastar os animais selvagens e a proteger os terrenos de pastorícia.
Estes colonos viviam em comunidades autosuficientes, apenas dependentes do exterior para comprar armas de fogo e arados para trabalhar a terra. Estes emigrantes no Sul invadiram o

conseguida com a ajuda de colonos europeus que tinham ai uma nova oportunidade de recomeçar a sua vida. A abundância de madeira no continente Americano torna esta no material primordial para todos os tipos de construção, enquanto na Europa são utilizados sistemas mistos de madeira e alvenaria, sendo somente as fortificações construídas em pedra. Este tipo de construção agora denominada de cabana americana foi introduzido pelos colonos europeus e é uma mistura de várias técnicas europeias que se combinam para formar as famosas cabanas de troncos típicas da América do Norte. Durante o período de expansão as ferramentas que os colonos podiam transportar eram limitadas e as cabanas tinham de ser construídas de forma rápida e segura. Além disso, todos os materiais necessários à construção das habitações tinham de ser encontrados na natureza. (Bahamón e Soler, 2008, p.11-13)

**Ilustração 21** – Cabana de troncos temporária. (Whalen, 2013)

As primeiras habitações eram precárias e serviam para breves temporadas para os colonos poderem progredir no terreno, por isso estas tinham de ser facilmente e rapidamente produzidas. Eram habitações de piso térreo com uma única divisão, sendo as paredes constituídas por troncos redondos dispostos na horizontal com encaixes simples. As chaminés eram de argila e madeira e as coberturas eram de ramos, terra e tábuas. Caso os colonos permanecessem muito tempo no mesmo local então podiam construir uma habitação mais sofisticada e com mais divisões e melhores acabamentos. Quando existia um piso superior este tinha um pé direito relativamente pequeno e não era mais que um aproveitamento do espaço inclinado da cobertura. (Bahamón e Soler, 2008, p. 21-22)

Tennessee, e ocuparam a Louisiana e a Florida, território espanhol até 1818. A conquista de Louisiana permitiu-lhes aceder a um território muito apetecível, o Texas. (Porto Editora, 2013)

**Ilustração 22** – Cabana de troncos mais elaborada com 2 pisos. (Grass, 2008)

A cabana de madeira entrelaçada exigia menos material para a sua construção, pois eram utilizados ramos e troncos, sendo estes últimos utilizados para construir uma estrutura com os ramos entrelaçados entre si de modo a formar as paredes. A grande desvantagem deste sistema era, não só necessitar de mais tempo de construção, como também a menor proteção oferecia ao frio e ambiente selvagem. (Bahamón e Soler, 2008, p. 9-10)

Os primeiros colonos viajavam sozinhos com a sua família e a construção da casa era um ato familiar. À medida que se juntavam outros colonos ao grupo, a construção da cabana passava a ser um ato social e assim foram nascendo e crescendo as cidades no interior da América do Norte. A cabana de troncos acaba por ser a preferida em detrimento dos outros tipos de construção pois esta oferecia paredes grossas que resistiam a balas e setas dos nativos americanos e de outros assaltantes. (Bahamón e Soler, 2008, p. 12-13)

Nas zonas da expansão fronteiriça havia habitações que eram autênticos fortes com as coberturas endurecidas com argila de modo a repelir as setas, incluindo também esconderijos subterrâneos para a proteção da família. As paredes grossas eram ideais pois com a calafetagem correta garantia que o interior ficasse mais quente no inverno e mais fresco no verão. Com a passagem das pequenas colónias a vilas e cidades, surge a necessidade de criar edifícios para apoio à agricultura e para serviços, sendo também estes construídos de madeira e utilizando o mesmo método. (Bahamón e Soler, 2008, p. 13-15)

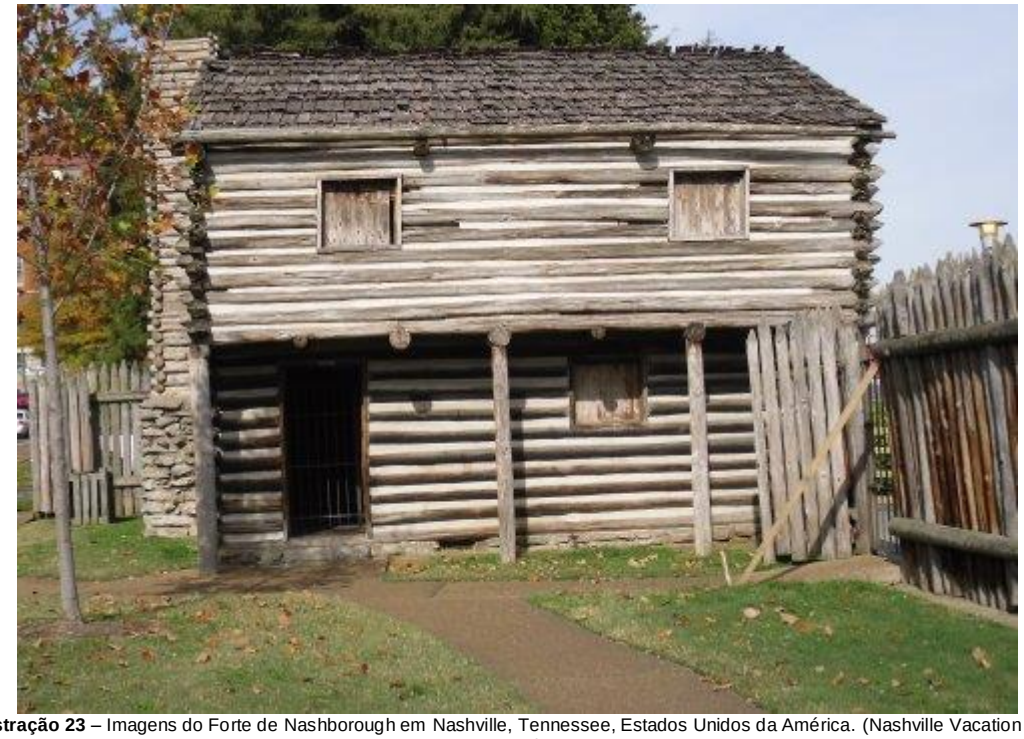


**Ilustração 23** – Imagens do Forte de Nashborough em Nashville, Tennessee, Estados Unidos da América. (Nashville Vacation Fun, 2009)

Para a construção de uma cabana de troncos estes deveriam ter entre 30 a 40cm de diâmetro e entre 7,5 e 9m de comprimento. As espécies mais utilizadas eram o castanheiro, o carvalho, a nogueira, o álamo e o abeto. Existem relatos de que uma cabana de troncos demoraria cerca de dois dias a construir e seriam precisos três homens, caso fosse uma pessoa sozinha esta demoraria entre uma a duas semanas. Para assentar os primeiros troncos o terreno era limpo e eram colocadas pedras planas ou construídos pilares de alvenaria de pedra de modo a elevar os troncos e evitar o contacto direto com o solo, no entanto em muitos casos, e devido ao caracter temporário das habitações, esta preparação não era feita. A planta da cabana de troncos podia evoluir de acordo com as necessidades da família e em muitos casos eram acrescentadas divisões à cabana principal. (Bahamón e Soler, 2008, p. 18-19)

Com a consolidação, do território e a estabilização das disputas territoriais entre nativos e colonos, as indústrias da madeira começam a instalar-se em abundância. Com a proliferação das indústrias da madeira são desenvolvidas novas técnicas construtivas de modo a tornar a construção mais barata e eficiente. Aparecem então os primeiros sistemas de armação de madeira que viriam a culminar no Balloon Frame.

O sistema construtivo denominado por Balloon Frame foi inventado por volta de 1832 e ajudou ao crescimento dos Estados Unidos da América. Este método utilizava

madeira serrada em pranchas de tamanhos *standard*, estas eram preparadas em serrações que nem sempre estavam perto dos grandes centros urbanos, e graças ao caminho-de-ferro foi possível transportar com grande rapidez a madeira para estes locais. Esta técnica construtiva permitia que pessoal não qualificado pudesse erguer rapidamente edifícios usando para as ligações pregos, que eram agora fabricados industrialmente ficando por isso ao alcance de qualquer construtor ou carpinteiro a um preço acessível. A grande maioria dos edifícios na América do Norte foi erguida utilizando esta técnica e as técnicas atuais[8] derivam diretamente da primeira. (Johnson, 2007, p. 2-4)

Para melhor entendermos este fenómeno de crescimento e procura da madeira para a construção temos o caso da cidade de Chicago que em 1831 tinha apenas 60 habitantes, em 1833 tinha uma população estimada entre os 300 e 350 habitantes, em 1840 os habitantes da cidade eram já 4479, em 1850 tinham chegado aos 28960 e em 1890 já tinha ultrapassado o milhão de habitantes. Na primeira metade dos anos 30 do séc. XIX o consumo de madeira era de tal forma que as poucas serrações e os madeireiros não conseguiam satisfazer todos os pedidos, assim algumas serrações transformavam todo o tipo de madeira para a construção por exemplo, o carvalho, olmo, álamo, freixo branco entre outras, na grande maioria dos casos este material era entregue e utilizada ainda verde. (Turan, 2009, p. 182-184)

Na segunda metade deste período do Séc. XIX instalam-se na península do Michigan as primeiras serrações, esta península tinha vastas florestas de Pinho Branco, a espécie mais utilizada na construção civil e naval. A procura era tal que a primeira serração abriu em 1837, em 1840 existiam nesta península cerca de 500 serrações, em 1860 já eram perto de 1000, a extração de enormes quantidades de pinho levaram ao desaparecimento de vastas florestas desta madeira levando a que em 1910, se encerrasse a última serração. (Turan, 2009, p. 182-184)

[8] Timber frame, light steel frame.

**Ilustração 24** – Maquete do sistema construtivo Balloon Frame. (Catanzaro e Curtis, 2011)

O Balloon Frame era constituído por uma estrutura de madeira de pilares e vigas. A estrutura assentava sobre uma fundação de pedra ou tijolo sobre a qual eram assentes barrotes de soleira que tinham um encaixe macho-fêmea entre si e que eram fixados nas interceções e nos cantos. Estes barrotes de soleira percorriam toda a extremidade do edifício. Eram depois colocados pilares apoiados nos barrotes de soleira por encaixe macho-fêmea e eram espaçados entre si cerca de 40cm. (Johnson, 2007, p. 2-4)

O pavimento era constituído por tábuas pregadas perpendicularmente às vigas, conferindo firmeza a toda a estrutura. Nas paredes de tapamento eram pregadas tábuas na horizontal, perpendiculares aos pilares da estrutura. Sempre que era necessário deixar uma abertura para uma janela ou porta, os pilares eram cortados e eram colocados barrotes que serviriam de aro e ao mesmo tempo reforçavam a estrutura nessa zona. Os pilares de cantos eram também reforçados utilizando dois pilares juntos aumentando assim a sua secção. (Johnson, 2007, p. 2-4)

A cobertura tinha normalmente uma empena e era constituída por vigas inclinadas de modo a dar o ângulo desejado, sendo pregadas numa das extremidades à faixa que circundava o edifício e na outra à viga de fileira. Eram então pregadas tábuas de revestimento e depois as ripas do telhado.

Nas paredes exteriores eram pregadas ripas de madeira para assentar o revestimento.

A estrutura do Balloon Frame era quase toda ela unida com recurso a prego, no entanto os cantos dos barrotes de soleira e nas vigas do piso térreo eram fixados com pinos de madeira.

A técnica do Balloon Frame foi utilizada pela primeira vez na baixa de Chicago para construir um grande número de edifícios para uso comercial e residencial.

Com a necessidade de construir em altura a madeira é abandonada como material estrutural e passa-se a utilizar o ferro e mais tarde o aço, materiais estes que ofereciam mais segurança e robustez às estruturas e não eram combustíveis como a madeira. No entanto, a madeira continuou a ser o material de eleição para a construção de pequenos edifícios e habitações unifamiliares.

#### 2.2.7.1. SEA RANCH

O Sea Ranch é um condomínio privado situado a cerca de 140km a Noroeste de São Francisco da Califórnia, Estados Unidos da América. Este condomínio teve como principal impulsionador o arquiteto Al Boeke que recomendou a uma empresa de investimentos chamada Oceanic California Inc. que adquirisse as terras e apoia-se o seu projeto. Esta propriedade estende-se por 16 km ao longo da costa do Pacifico e tem uma área aproximada de 52 hectares. (The Sea Ranch Association, [s.d.])

A ideia de Al Boeke era a construção de um condomínio amigo do ambiente “building clusters of unpainted wooden houses in large open meadow areas and not allowing fences or lawns” (Boeke, 2012), este conceito atraiu um conjunto de arquitetos dispostos a colaborar no projeto, o arquiteto paisagista Lawrence Halprin, o arquiteto Joseph Esherick e o grupo MLTW formado pelos arquitetos Charles Moore, William Turnbull, Donlyn Lyndon e Richard Whitaker. (The Sea Ranch Association, [s.d.])

Lawrence Halprin coordenou os estudos ecológicos e climáticos do local, com base nos quais as zonas desflorestadas foram replantadas e limpas de detritos, tendo sido semeadas flores silvestres e gramíneas nativas de modo a inverter o processo de erosão e a garantir refugio à vida selvagem. O grupo MLTW desenvolveu um pequeno centro recreativo, diversas habitações do condomínio e o edifício Condominium 1, Joseph Esherick projectou o hotel Sea Ranch Lodge e habitações modelo. (The Sea Ranch Association, [s.d.])

**Ilustração 25** – MLTW no Condominium 1, da esquerda para a direita, Richard Whitaker, Donlyn Lyndon, Charles Moore e William Turnbull. (Borson, 2012)

A ideia original era o de uma comunidade junta da natureza que aí vivesse com um impacto mínimo, tal como as construções cuja presença fosse quase nula na paisagem misturando-se bem com a envolvente.

Esta intensão é percetível nas restrições abaixo mencionadas no código de restrições do Sea Ranch.

> (4) No reflective finishes (other than glass) shall be used on exterior surfaces (other than surfaces of hardware fixtures), including but without limitation, the exterior surfaces of any of the following: roofs, all projections above roofs, retaining walls, doors, trim, fences, pipes, equipment, mailboxes and newspaper tubes. (The Sea Ranch Association, [s.d.])

(7) Except for nails, bolts, other approved connecting devices and hardware fixtures used in connection therewith, all fences, screens and similar exterior structures shall be constructed solely of wood; provided, however, that subject to the provisions of subparagraph (4) above, retaining walls, fences used to enclose animals and fowl as contemplated by paragraph (f) of section 3.02, and tennis court fencing may be constructed of other material. (The Sea Ranch Association, [s.d.])

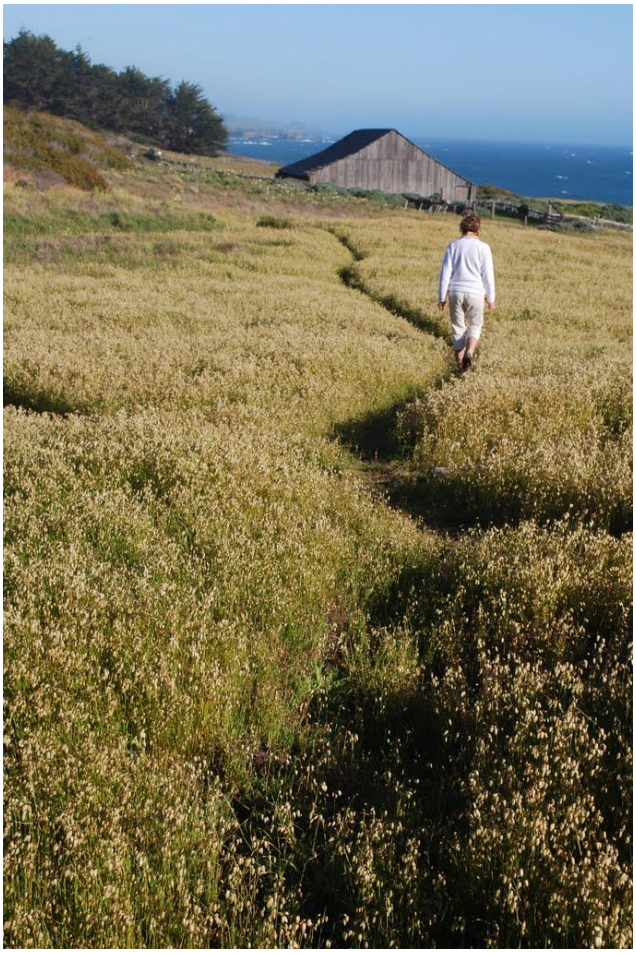


**Ilustração 26** - Imagem do Sea Ranch. (bobbudi, 2011)

Um dos edifícios mais emblemáticos do condomínio é o Condominium 1, um edifício constituído por vários apartamentos individuais para aluguer. Terminado em 1965, tem uma estrutura integral em madeira e revestimento interior e exterior também em madeira.

**Ilustração 27** – Condominium 1. (Corner e Young, 2013)

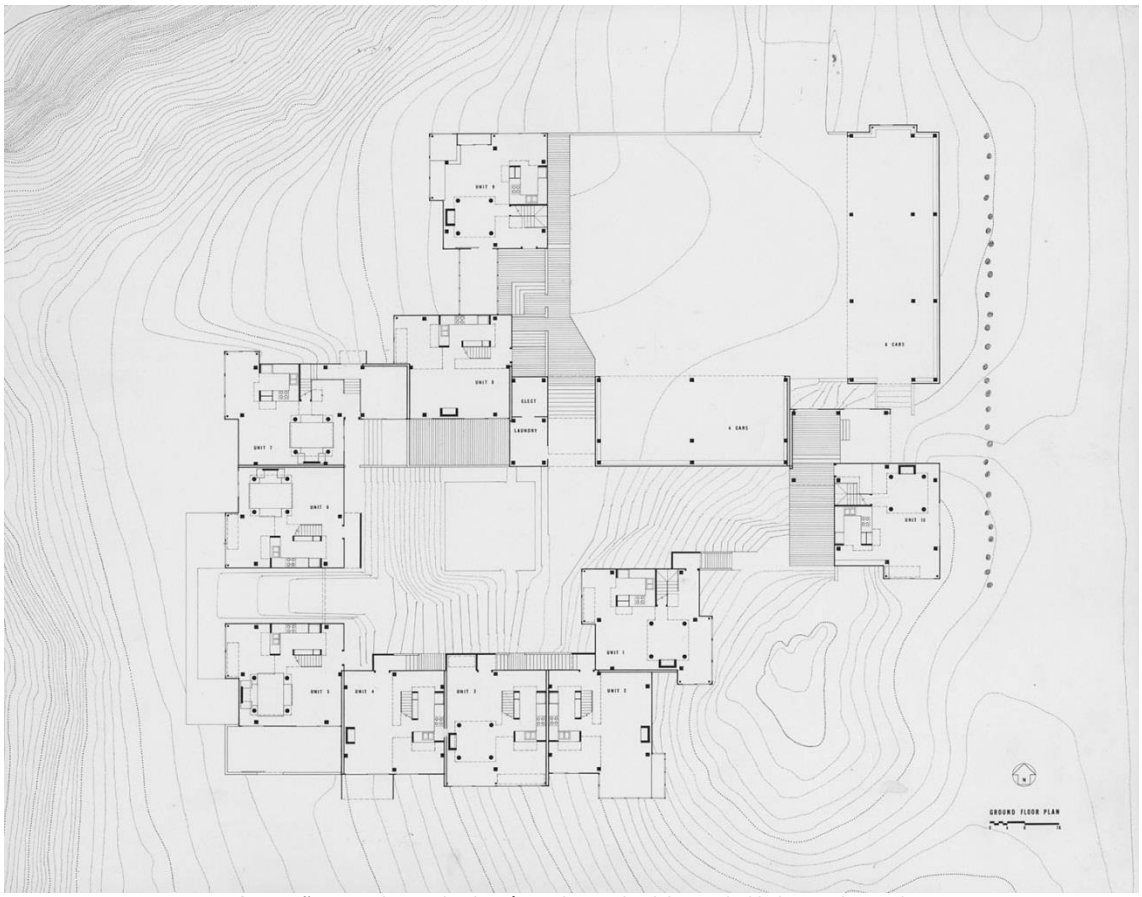



**Ilustração 28** – Plantas do piso térreo do Condominium 1. (Whitaker *et al.*, 1963)

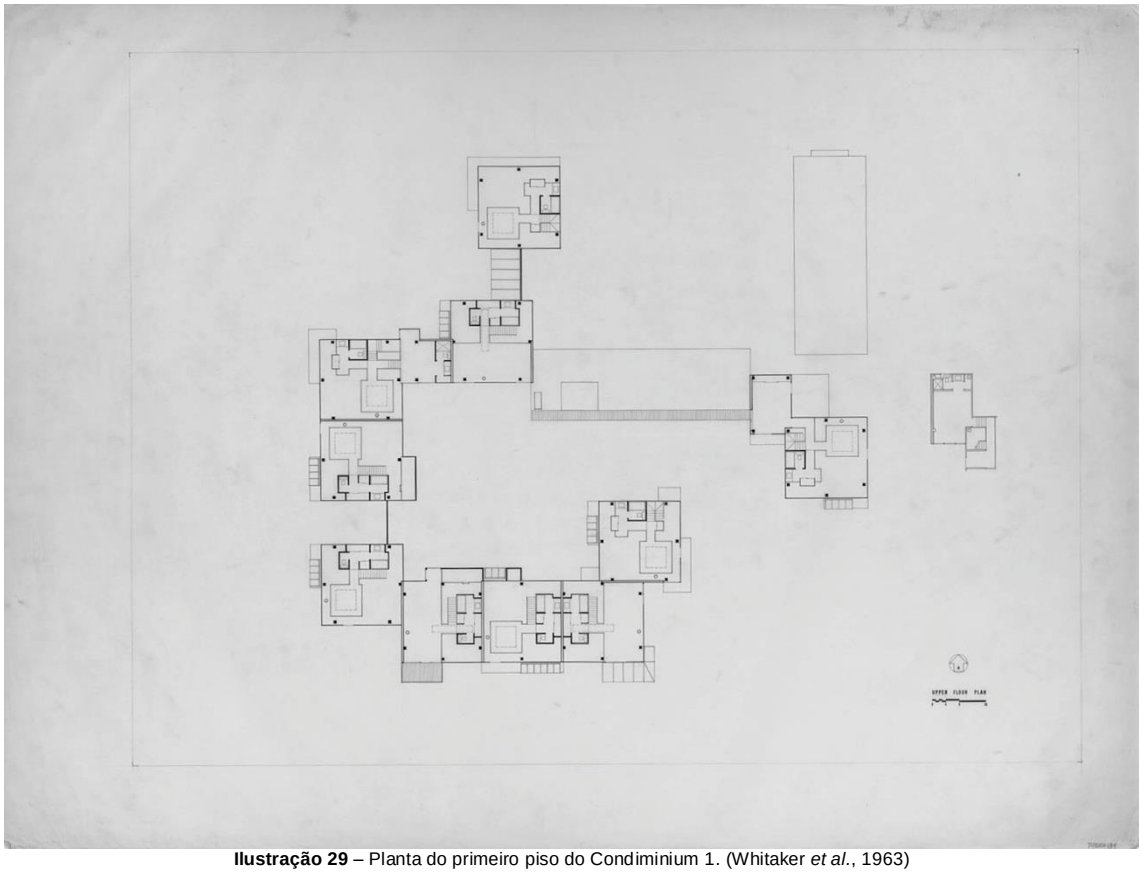


**Ilustração 29** – Planta do primeiro piso do Condiminium 1. (Whitaker *et al.*, 1963)

### 2.2.8. A ARQUITETURA DE MADEIRA AO LONGO DO SÉC. XX

Ao longo do século XX a América do Norte continua com a sua arquitetura corrente em madeira e nas técnicas desenvolvidas com base no Balloon Frame, no entanto as grandes cidades rendem-se por completo ao aço e ao betão, em parte por necessidade de crescer em altura, passando a competir entre si pelo arranha-céus mais alto.

Na Europa a arquitetura também se rende ao aço e ao betão e em grande parte abandona-se quase por completo a utilização da madeira como material estrutural na arquitetura. Existem no entanto exceções como nos países do norte da Europa, onde a arquitetura corrente continua a ser em grande parte feita com base em madeira, este facto que se deve às grandes florestas ai existentes e que são fontes de matéria-prima.

Destaca-se a obra do arquiteto Erik Gunnar Asplund e Sigurd Lewerentz com o projeto Skogskyrkogården (Cemitério Woodland), este foi o resultado de um concurso organizado para a construção de um cemitério nos arredores de Estocolmo, Suécia.

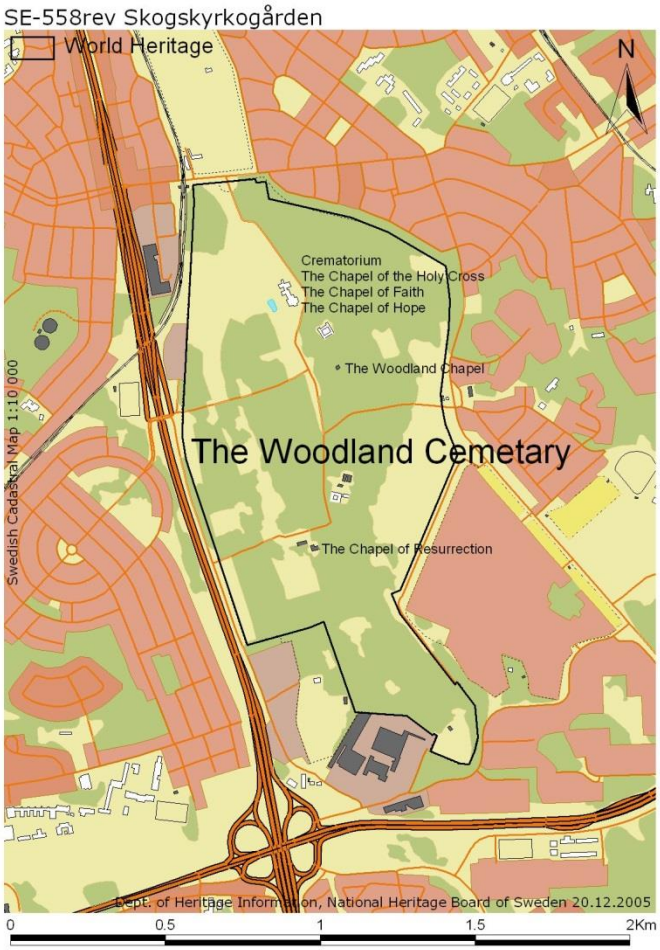



**Ilustração 30** – Planta do Cemitério de Woodland. (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Heritage Convention, 2013)

O projeto que ocupa uma área de 96 hectares incluía no seu desenho original uma capela, da autoria de Asplund, a primeira a ser erguida no cemitério, ao longo dos anos foram construídas outras devido à crescente necessidade do cemitério. A capela de Skogskapellet, retrata a tradição nórdica na construção em madeira, e reflete a influência clássica do autor, Erik Asplund. De planta retangular como se pode ver na ilustração 31, as paredes são estucadas e pintadas de branco, no seu interior ergue-se uma cúpula com uma claraboia que projeta a única luz natural disponível no interior da sala principal. (Schönbäck, 1995, p. 15)

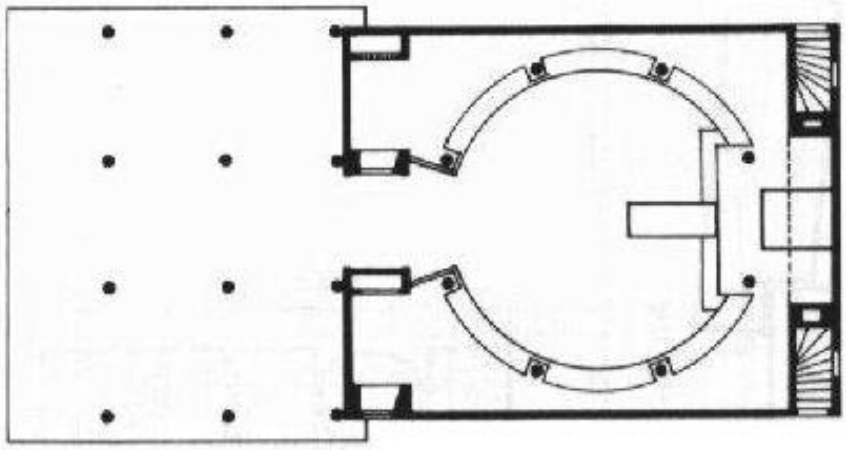


**Ilustração 31** – Planta da Skogskapellet (Capela de Woodland). (Buildings, 2012)

A colunata que suporta a cúpula é de mármore branco dando a ilusão de madeira pintada de branco. No exterior a colunata de madeira que suporta parte da cobertura é de madeira de pinho. A sua cobertura com as tradicionais telhas de madeira negras e a sua ingreme inclinação fazem lembrar uma pirâmide que emerge do arvoredo de pinhos e espruces. (Schönbäck, 1995, p. 16)

**Ilustração 32** – Á direita: Imagem da entrada da Skogskapellet. Á esquerda: Imagem do interior da capela. (Nadal, 2009)(Hanke, 2008)

Na arquitetura de madeira europeia podemos ainda destacar a obra do arquiteto Peter Zumthor que ao longo da sua carreira tem desenvolvido inúmeras obras com recurso a este material. Pode destacar-se o Pavilhão Suiço na Exposição Mundial de 2000, que decorreu em Hanôver, Alemanha. O seu pavilhão chamado de Swiss Sound Box como podemos ver na ilustração 33, tinha como intensão oferecer ao visitante um local de repouso onde se pode-se disfrutar de música ao vivo. (About.com, 2000)

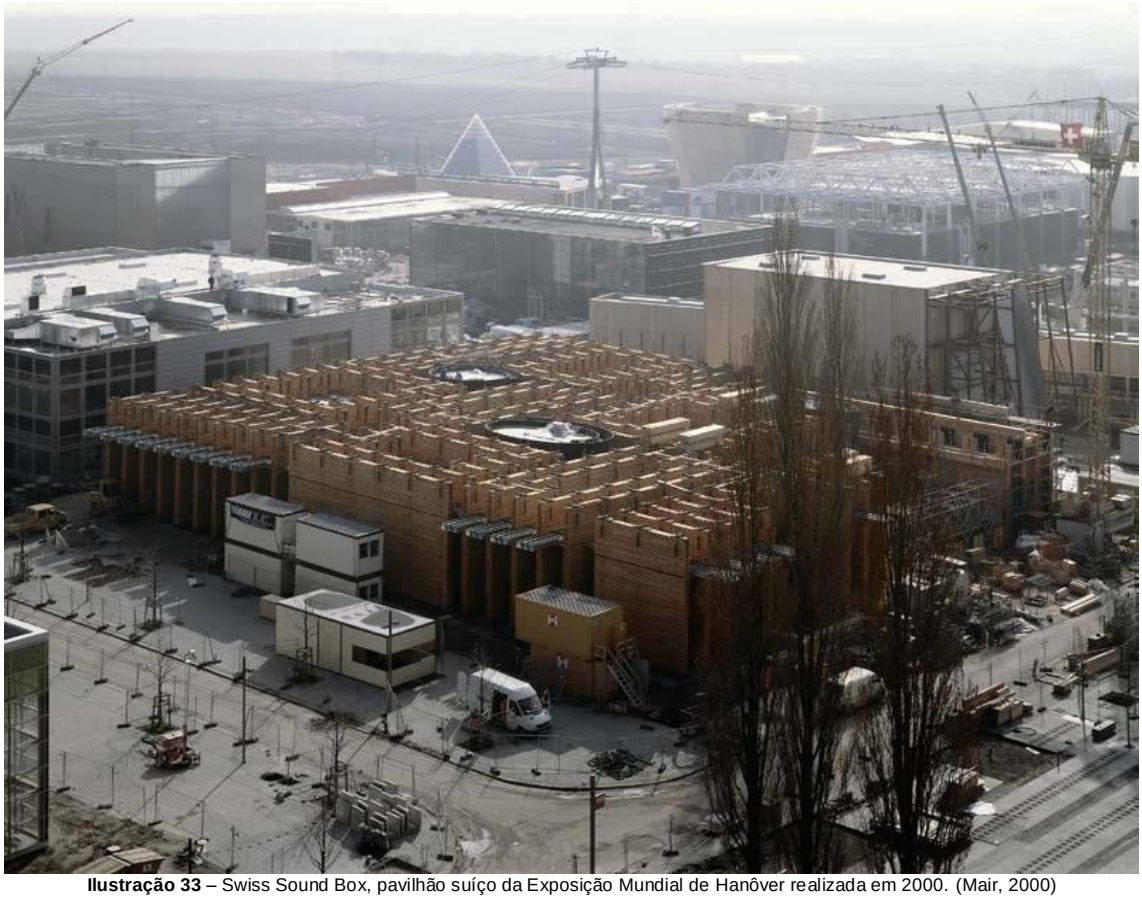


**Ilustração 33** – Swiss Sound Box, pavilhão suíço da Exposição Mundial de Hanôver realizada em 2000. (Mair, 2000)

Este espaço foi construído com madeira de lariço e pinho das florestas suíças, e não houve necessidade de utilizar colas, pregos ou parafusos em toda a estrutura, pois todas as ligações foram executadas com a utilização de braçadeira de aço e o próprio peso da madeira, como podemos verificar na ilustração 34. (The Hyatt Foundation, 2013, p. 4)

**Ilustração 34** – Á esquerda: vista superior da Swiss Sound Box. Á direita: vista interior do pavilhão. (The Hyatt Foundation, 2013)

Este facto permitiu que no final da exposição a estrutura fosse desmontada e toda a madeira vendida. Sem a utilização de colas, pregos ou parafusos estava garantido que

a madeira no final da exposição teria o mínimo de defeitos causados pela montagem e desmontagem desta estrutura.

Podemos ainda destacar a casa Luzi em Jenaz, Suíça, também do Arqtº Peter Zumthor, este projeto todo construído em madeira e com recurso a uma técnica suíça variante da cabana de troncos de madeira, a Strickbau, como podemos ver na ilustração 35. (Linz, 2009, p. 279-281)

**Ilustração 35** – Em cima: Imagens do interior da casa Luzi onde são evidentes as interligações das paredes com o sistema Strickbau. Em baixo: Imagens do exterior da casa Luzi (Linz, 2009)(Kent, 2009)

Esta tecnologia não necessita de parafusos ou pregos nas suas interceções, sendo que o cruzamento das paredes é assegurado por entalhes nas peças de madeira que são travados pelo seu próprio peso. O cliente, um casal com 6 filhos requeria uma habitação com muito espaço para a sua numerosa família e vãos generosos de modo a aproveitar a paisagem, bem como a receber o máximo de luz possível e potenciar o calor solar no interior da habitação. (Linz, 2009)

## 3. PORTUGAL

Neste capítulo pretende-se mostrar a evolução das construções de madeira em Portugal. No nosso país a madeira ganhou uma grande importância ao ser utilizada como material estrutural na pós catástrofe do terramoto de 1755, sendo utilizada durante muitos anos como material primordial na construção.

## 3.1. PERÍODO ANTERIOR A 1755

> Através dos povos mais ethnicamente differenciados e nas regiões da terra mais distantes é frequente ainda a habitação em que o material constructivo procede exclusivamente das florestas regionaes. Dos tempos neolíthicos, da edade do bronze, como em breve lambraremos, deparam-se-nos vestigios de analogas construcções nas aldeias lacustres; de epochas historicas já remotas sabe-se que em cabanas de madeira se iniciaram povoações, mais tarde investidas, como Londres, n'um destino proeminente; na Roma antiga, na dos primeiros tempos, as casas eram de madeira e cobertas de ripas ou de colmo, distribuindo-se sem ordem pelas encostas das collinas da cidade. (Peixoto, Severo e Cardoso, 1903, p. 84)

Desde o início da ocupação do território, hoje ocupado por Portugal, que se construiu em madeira. Com a consolidação das fronteiras e a pacificação da Europa, as construções evoluíram de simples abrigos para obras mais elaboradas. Em Portugal e dada a pouca importância da construção corrente, leia-se arquitetura popular, muito poucas chegaram até nós, no entanto, restam-nos algumas como o cais palafítico da Carrasqueira, as construções de influência Avieira e os palheiros do Mira e da Costa Nova.

Com a necessidade de travar o avanço das dunas da região de Leiria e assim proteger os campos agrícolas, D. Afonso III manda plantar um pinhal. Mais tarde o seu sucessor D. Diniz, com a sua visão da futura necessidade de madeira de qualidade, para a construção naval da recém-criada marinha portuguesa ordena o aumento substancial daquele pinhal, que hoje é conhecido como o Pinhal de Leiria, onde a espécie dominante é o pinheiro bravo visto na época como uma espécie de qualidade para a construção naval. (Gonçalves, 2010, p. 3-5)

Este pinhal sustentou economicamente a região durante muito tempo através da sua matéria-prima que era utilizada, quer para a construção naval, quer para a civil. Ainda hoje o pinhal fornece à indústria da madeira presente naquela região, subprodutos, como a resina, que fizeram parte do sustento da população local.

A indústria vidreira da região também foi abastecida com madeira para combustível dos seus fornos. O pinhal é ainda hoje uma fonte de madeira de qualidade e dimensão, uma vez que as árvores são abatidas aos oitentas anos, apesar de muitas terem sido abatidas com mais de cem. Atualmente a resina só é retirada nos últimos 3 anos antes do corte. (Gonçalves, 2010, p. 3-5)

Antes da época dos Descobrimentos e com a reconquista do território aos Mouros, Portugal consolida as suas fronteiras e inicia uma fase de construção de cidades, castelos e outros edifícios tais como portos, faróis, moinhos, etc.. Toda esta construção tem como base a madeira, a pedra e o barro que eram transportados ao longo da costa.

As espécies de madeira mais utilizadas nesta época eram o castanho, o sobro, o pinho e o vinhático[9]. Com a expansão de Portugal e a conquista de Ceuta aos Mouros em 1415, Portugal passa a exportar esta matéria-prima juntamente com mão-de-obra para os territórios recém conquistados. Estas exportações acompanharam Portugal durante toda a sua expansão marítima e estão presentes ainda hoje nas antigas colónias portuguesas. Com a descoberta do Brasil, Portugal introduz na Europa um grande número de espécies de madeira exóticas. (Fernandez *et al.*, 2011, p. 18-19)

Em muitas zonas do interior Norte do país a existência de outros materiais utilizados na construção, como o barro, que permitia o fabrico de tijolo, e a pedra, tiveram influência no modo como se construía. Nesta zonas as habitações eram por norma de piso térreo e não necessitavam de grande engenho estrutural, por serem habitações simples. (Fernandez *et al.*, 2011, p. 18-19)

Na zona Sul, a influência Árabe, fez-se sentir na arquitetura através da utilização do adobe e da taipa na construção.

> Cabanas, no onomastico locativo portuguez, é ainda denominação de algumas freguesias e aldeias que, na tradição popular e erudita, tiveram a sua origem em barracas de taboado. … O exemplo de Cabanas de Torres, na Estremadura, confirma talvez a interferencia do elemento tradicional na explicação denominativa. No seculo XIII uma peste assolou Torres Novas e Villa Verde dos Francos, levando as populações

[9] Vinhático – Nome científico: Persea indica com o nome comum de loureiro-real ou vinhático-das-ilhas, pode ser encontrada atualmente na floresta laurissilva da ilha da Madeira. Esta espécie é diferente do vinhático do brasil com o nome científico platymenia foliolosa. (Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro, 2013)(Auran Serviços Holisticos ltda-me, [s.d.])

> a emigrarem para Montejunto onde um bispo mandou construir cabanas para abrigo do povo. Ahi ficou o nucleo da povoação futura, cuja denominação herdou das iniciaes construções de asylo. (Peixoto, Severo e Cardoso, 1903, p. 84)

Em Lisboa, e devido ao sismo de 1755, a maioria dos edifícios desapareceu com o terramoto ou ficaram gravemente danificados, no entanto, de modo geral, as edificações da cidade tinham entre 2 a 3 pisos suportados por grossas paredes. O facto de estes edifícios não terem estrutura fazia com que as aberturas para o exterior fossem poucas e de pequena dimensão. Os exemplos desta tipologia construtiva que chegaram até nós são alguns edifícios presentes nos bairros históricos de Alfama, Bairro Alto, Mouraria e Castelo. (Fernandez *et al.*, 2011, p. 121-125)(Mascarenhas, 2009, p. 17-28)

## 3.2. O TERRAMOTO E A RECONSTRUÇÃO DE LISBOA

Em 1755 Lisboa é assolada por um enorme sismo seguido de um tsunami e de um grande incêndio que a deixa reduzida a escombros. D. José ordena entretanto a reconstrução da cidade tendo em conta a prevenção de futuros sismos. Sebastião José Carvalho e Melo, o Marquês de Pombal fica encarregue de encontrar uma solução para a reconstrução da cidade, e ao fim de um mês após o terramoto são apresentadas as primeiras propostas para a reconstrução de Lisboa. (Fernandez *et al.*, 2011, p. 121-125)(Mascarenhas, 2009, 17-28)

> Acredita-se que tenham perecido de 10 a 15 mil habitantes.
> Os sucessivos abalos e o incêndio destruíram 17 a 20 mil edifícios incluindo dois terços das habitações.
> Ficaram também destruídos 33 Palácios, cerca de 30 Igrejas e vários Conventos.
> O Palácio Real, no Terreiro do Paço, também ficou completamente destruído com o seu valioso recheio de livros, móveis e pinturas. (Mascarenhas, 2009, p. 28)

Sete meses após o terramoto é dada a autorização para o início dos trabalhos de reconstrução, sendo que a proposta aprovada visava a destruição completa da antiga cidade e a construção de uma nova sobre os escombros. A nova cidade estaria organizada segundo uma malha ortogonal orientada na sua maioria no sentido Norte-Sul, enquanto a restante, cerca de ¾ estava orientada, no sentido Este-oeste. Esta malha era dividida por quarteirões constituídos por aproximadamente por cerca de 10

edifícios. Além disso os quarteirões possuíam logradouros, o que permitia que estes edifícios tivessem duas frentes. (Mascarenhas, 2009, p. 31-44)

A reconstrução de Lisboa foi de grande qualidade e sujeita a grandes restrições, quer a nível de planeamento urbano, quer a nível construtivo. Estas restrições que foram pensadas também de modo a prevenir futuros desastres do mesmo tipo, tendo em conta a resistência sísmica. (Mascarenhas, 2009, p. 31-44)

No plano para a reconstrução ficou estabelecido que as ruas principais teriam 60 palmos[10] de largura e seriam reservados 10 palmos de cada lado para a circulação de peões e as ruas secundárias tinham 40 palmos de largura. Assim estava garantida a segurança dos peões e a largura das ruas facilitavam a fuga em caso de catástrofe. Os edifícios foram projetados tendo em conta a estabilidade, para isso contribuiu a relação entre a altura e a profundidade dos mesmos. (Mascarenhas, 2009, p. 43-44)

A planta dos quarteirões obedecia a regras que garantiam a proporção e a simetria, ao mesmo tempo que as fachadas obedeciam a proporções rigorosas e simétricas. Esta simetria permitiu a pré-fabricação e standardtização dos elementos que compunham a gaiola, permitindo assim uma poupança em tempo na construção e na racionalização dos recursos. (Mascarenhas, 2009, p. 34-40)

A altura dos edifícios ficou limitada pela largura das ruas e todos os edifícios teriam a mesma altura. Foram introduzidas paredes corta-fogo entre os edifícios que se elevavam acima do telhado de modo a impedir a propagação do fogo ao edifício vizinho. Não foram colocadas lareiras nas salas e as únicas existentes serviam as cozinhas e estavam localizadas do lado do logradouro, garantindo assim que em caso de sismo as chaminés destas nunca cairiam sobre a rua. Os beirados tinham pouca inclinação para evitar o escorregamento de telhas para a rua. (Mascarenhas, 2009, p. 34-40)

### 3.2.1. O EDIFÍCIO POMBALINO

O edifício Pombalino tinha 5 pisos sendo o piso térreo reservado ao comércio e os pisos superiores a habitação. Os edifícios após o terramoto foram projetados e construídos com um sistema antissísmico, tendo ainda em atenção as características do terreno onde iria assentar a nova baixa da cidade. Os escombros da antiga cidade

[10] 1 Palmo = 22,5cm

foram nivelados e serviram de base, tendo por isso de serem assentes em estacas de madeira de modo a conferir-lhes a estabilidade necessária. As estacas foram dispostas em duas filas, afastadas cerca de 1 metro, e orientadas segundo as paredes-mestras dos edifícios, podendo no entanto ocupar toda a base do edifício, consoante as condições do terreno. (Mascarenhas, 2009, p. 47-64)

Sobre as estacas eram colocadas travessas de madeira onde iria assentar a alvenaria de pedra que constituiria as fundações das paredes-mestras dos edifícios. A madeira era de pinho verde. As fundações de alvenaria de pedra tinham cerca de 80 centímetros de largura e eram travadas entre si através de arcos de tijolo maciço. (Mascarenhas, 2009, p. 47-64)

O piso térreo dos edifícios tinha sido reservado para comércio e apoio[11], sendo normalmente pisos livres que tinham apenas pilares e paredes-mestras em alvenaria de pedra. Os seus tetos eram em abóbada e arcos de tijolo, esta era uma forma de prevenir a propagação do fogo em caso de incêndio no piso térreo. (Mascarenhas, 2009, p. 47-64)

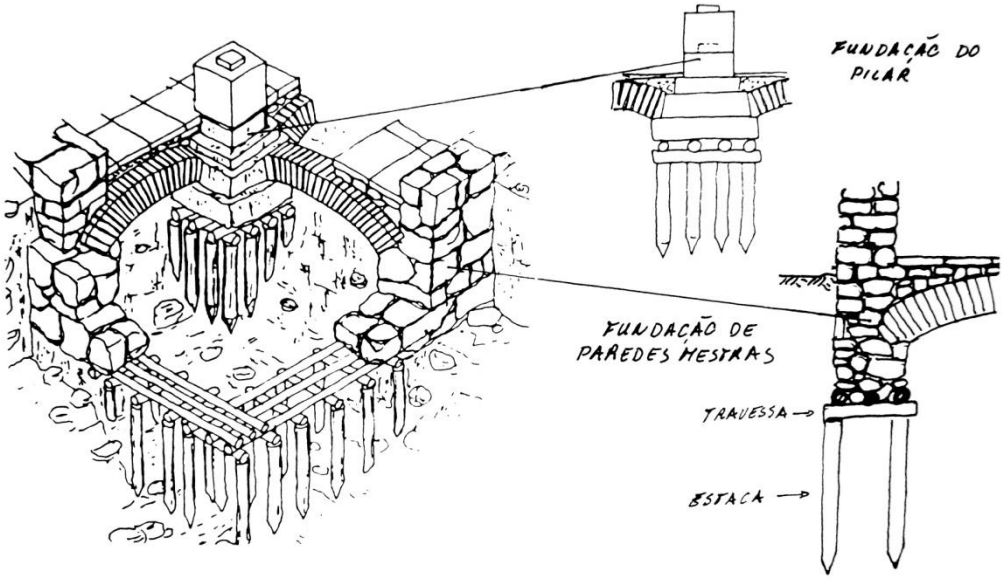



**Ilustração 36** – Pormenor das fundações. (Mascarenhas, 2009, p. 79)

[11] Arrumos de Comércio e Armazéns

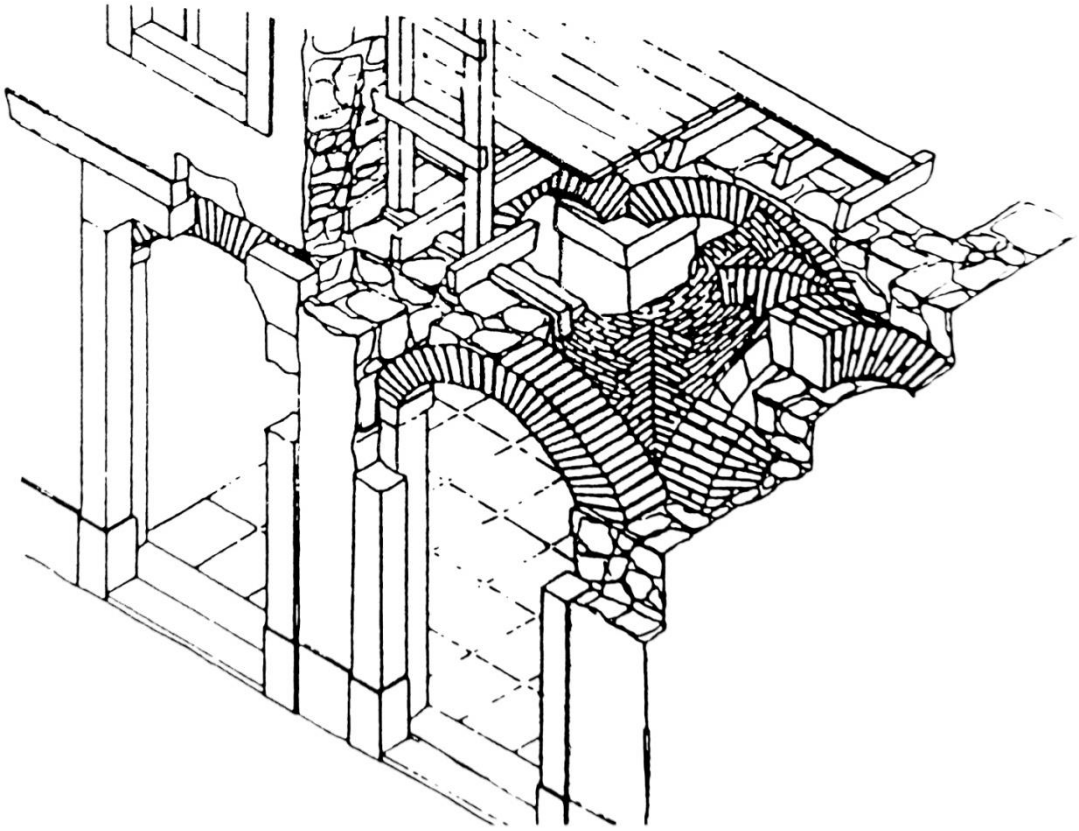


**Ilustração 37** – Aspeto da abóbada do piso térreo. (Mascarenhas, 2009, p. 80)

A gaiola pombalina, como ficou a ser conhecida esta técnica construtiva, não era uma novidade, pois já era utilizada na cidade de Lisboa e um pouco por toda a Europa. No entanto foi, com base neste método construtivo e na sua melhoria que se construiu a nova cidade. Com a utilização deste método era possível construir mais alto e retirar peso às paredes exteriores dos edifícios dando-lhes flexibilidade, visto que as cargas eram também suportadas pela madeira que constituía a gaiola. A gaiola assentava sobre a alvenaria de pedra do piso térreo e era constituída por elementos horizontais e verticais que formavam uma quadrícula que era depois travada no seu interior na diagonal formando uma cruz de Santo André. Esta poderia também ser travada na horizontal e vertical, deixando os espaços que eram depois preenchidos com alvenaria de pedra e tijolo. As paredes exteriores e interiores dos edifícios foram construídas com este sistema, no entanto podiam ser adicionadas divisórias, constituídas por pranchas de madeira colocadas na vertical com um travamento na diagonal. As paredes da gaiola eram revestidas com um fasquiado de madeira onde assentava o reboco. Para os pavimentos eram usadas vigas perpendiculares à fachada dos edifícios que assentavam nas paredes de alvenaria sobre uma viga inserida na

parede. Face ao vão que tinha de ser vencido, as vigas de pavimento podiam ser constituídas por vária secções e estas apoiavam sobre as paredes interiores, tendo entalhes com ligações metálicas de modo a fazer a continuidade da viga. (Mascarenhas, 2009, p. 79-125)

O pavimento assentava diretamente sobre as vigas e, em alguns casos, eram pregadas pequenas ripas de madeira na viga de modo a elevar ligeiramente o pavimente para prevenir a transmissão de ruído, sendo em alguns casos colocada areia fina também para reduzir este efeito. O pavimento servia também para ajudar a travar e dar estabilidade à estrutura. Os tetos eram também em madeira podendo ou não ser estucados. (Mascarenhas, 2009, p. 79-125)

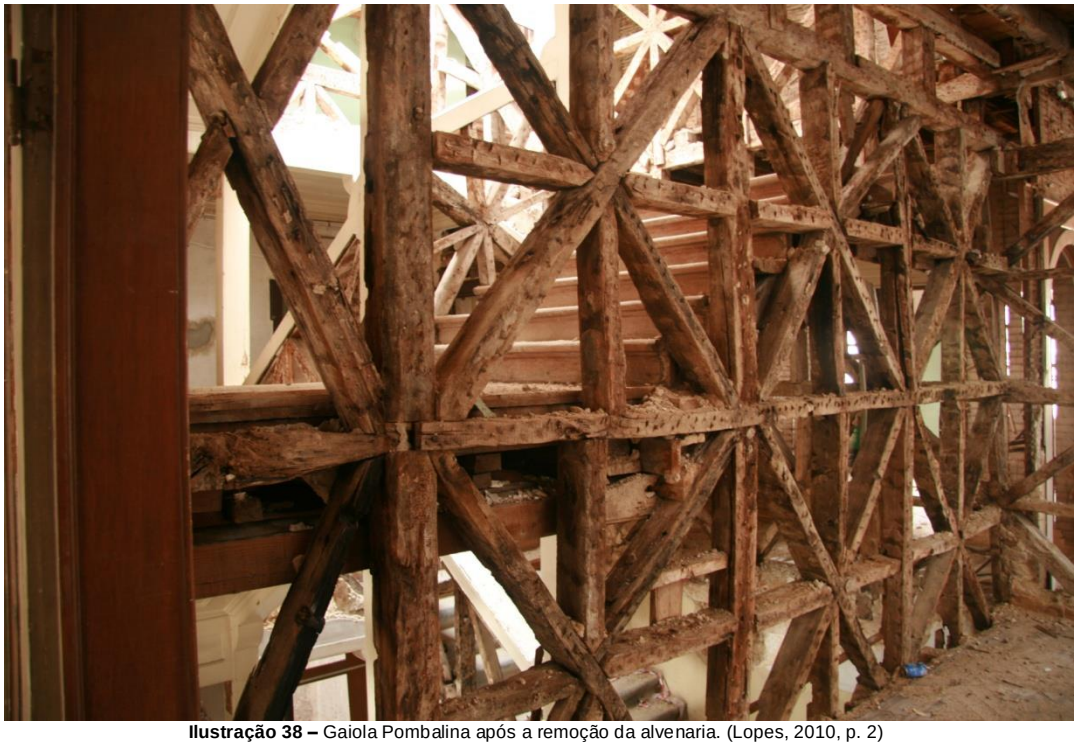


**Ilustração 38 –** Gaiola Pombalina após a remoção da alvenaria. (Lopes, 2010, p. 2)

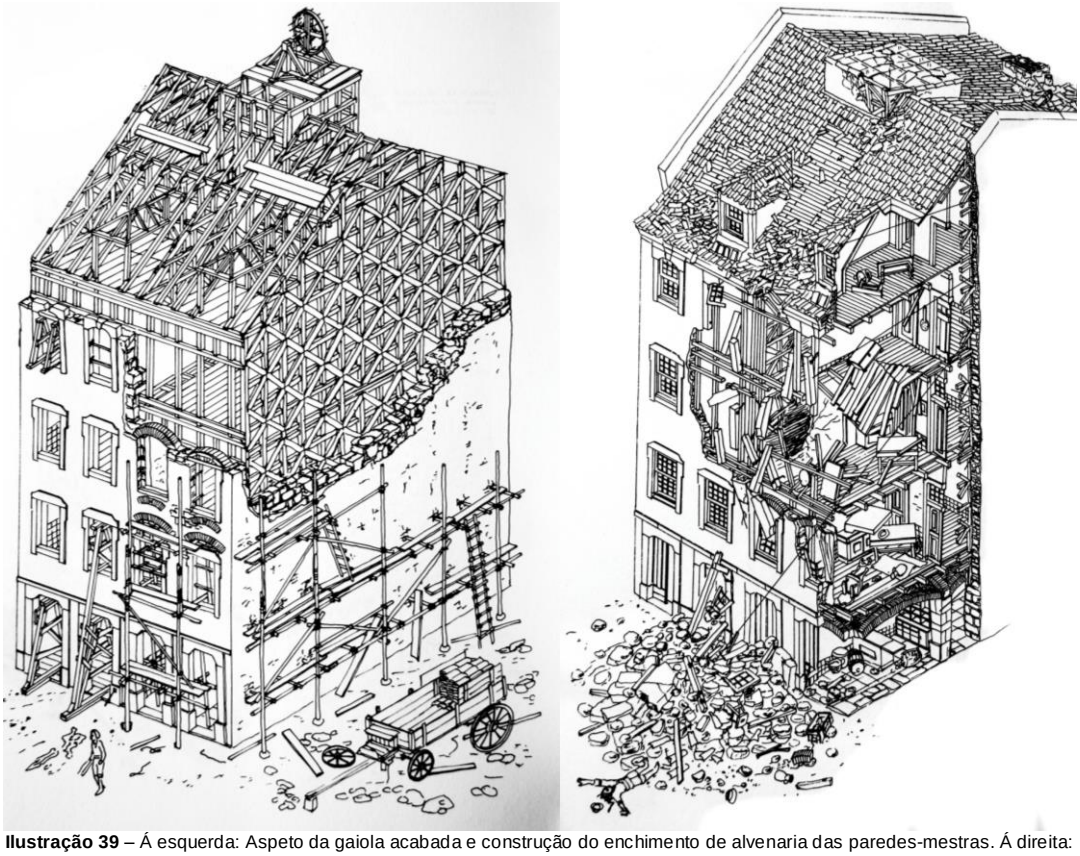


**Ilustração 39 –** Á esquerda: Aspeto da gaiola acabada e construção do enchimento de alvenaria das paredes-mestras. Á direita: Possível comportamento do edifício perante em sismo. (Mascarenhas, 2009, p. 312; Mascarenhas, 2009, p. 318)

### 3.2.2. REAL BARRACA

Com o terramoto e o desmoronamento do Palácio Real em Lisboa é mandado erguer pelo Rei D. José o mais prioritário de todos os projetos, o Paço do Sítio de Nossa Senhora da Ajuda ou Real Barraca que passou a ser designada pelo povo como o Paço de Madeira. (Fernandez *et al.*, 2011, p. 79-82)(Abecasis, 2009, p. 24)

O Rei após o terramoto ficou com pavor, de habitar edifícios construídos de alvenaria e até à conclusão da Real Barraca o Rei e toda a sua corte passaram a habitar em tendas na zona da Ajuda. D. José nunca mais residiu numa construção de alvenaria passando a viver no novo Paço de Madeira onde viria a falecer em 1777. Em Salvaterra onde a corte se deslocava com alguma frequência, existiam também tendas onde a corte ficava alojada durante as suas estadias. (Fernandez *et al.*, 2011, p. 79-82)

A Real Barraca foi construída quase na sua totalidade em madeira, houve no entanto espaço que foram construídos em alvenaria, as cozinhas, a Capela Real, a Sala da Tapeçaria, a Livraria, a Sala do Tesouro, a Casa da Cera, a Sala do Conselho de

Estado, a Sala dos Serenins[12], a Sala da Física e alguns quartos de criados. (Abecasis, 2009, p. 149)

Da Real Barraca pouco se conhece devido aos escassos registo que chegaram até aos dias de hoje. Todavia, o que se conhece em termos arquitetónicos provem de uma planta que deverá ter sido elaborada entre 1767 e 1773. As poucas gravuras que existem são de grandes paisagens onde a Real Barraca aparece sempre ao fundo das imagens sem grande detalhe ou expressão. (Abecasis, 2009, p. 26)

Desconhece-se ao certo quantos pisos teria e qual o seu pé direito, sabe-se que existem zonas em que há acesso a um andar superior, no entanto estas zonas estão todas localizadas nas áreas reservadas aos criados e presume-se que sejam quartos que lá se encontravam. De realçar que a Real Barraca teve alterações e ampliações ao longo da sua existência, na planta aqui apresentada não estão presentes a Sala dos Serenins, a Sala da Física e a Torre da Capela Real que só foi construída por volta de 1790 e é da autoria de Manuel Caetano de Sousa[13]. (Abecasis, 2009, p. 149)(Fernandez *et al.*, 2011, p. 79-89)

Em 1794 um incêndio devorou quase por completo a Real Barraca, salvando a Sala da Tapeçaria, a Capela Real, a Sala dos Serenins, a Sala da Física, a Biblioteca (descrita na planta como Livraria) e as cozinhas todos eles construídos em alvenaria de pedra. O incêndio crê-se ter tido início no quarto de um dos criados, destruindo grande parte do espólio do Rei e de Portugal. (Abecasis, 2009, p. 149)

Com o desaparecimento do Palácio Real era necessário construir um novo Palácio e D. João, o Príncipe Regente, ordena a construção de um novo palácio no mesmo local, cujo projeto ficaria a cargo de Manuel Caetano de Sousa. Este novo palácio foi inspirado no Palácio Nacional de Mafra, tendo Caetano de Sousa elaborado um projeto de características inigualáveis em toda a Europa. Este Palácio que continua ainda hoje por terminar foi interrompido devido aos elevados custos da construção e às invasões francesas de Napoleão Bonaparte e ao consequente refúgio da Família Real no Brasil. (Fernandez *et al.*, 2011, p. 87-89)

[12] Sarau em que cantavam pessoas reais; serenata feita por altas personagens da corte.
[13] Manuel Caetano de Sousa (1747-1802): Arquiteto e Engenheiro português, como cargos mais importantes destacam-se arquiteto da família real, das obras públicas, da Casa do Infantado, da Patriarcal e Sargento-mor

Dos edifícios que sobreviveram ao incêndio da Real Barraca em 1794, as cozinhas foram demolidas para dar lugar ao novo Palácio da Ajuda que iria ser implantado sobre os escombros da Real Barraca. A Biblioteca continuou a funcionar até às invasões Napoleónicas, altura em que todo o seu espólio foi transferido para o Brasil onde se veio a fundar a Biblioteca Nacional Brasileira no Rio de Janeiro, após o regresso da Família Real a Portugal a Biblioteca voltou a ocupar as mesmas instalações que tinha na Real Barraca até 1880, altura em que é transferida para o Palácio da Ajuda, tendo o edifício da Biblioteca sido demolido em 1917. De referir que grande parte do espólio da então Biblioteca Real nunca regressou do Brasil e encontra-se ainda hoje na posse da Biblioteca Nacional Brasileira e está depositado nas instalações do Rio de Janeiro. (Abecasis, 2009, p. 149)(Biblioteca Nacional de Portugal, 2013)

A Capela Real serviu de 1792 a 1833 de sede Patriarcal altura em que foi transferida para a Sé de Lisboa onde ainda se encontra atualmente. Em 1835 a Capela Real deixa de funcionar e fica abandonada até que em 1843, após uma série de roubos e devido ao seu mau estado de conservação, a Capela é mandada demolir pelo então ministro Costa Cabral[14], restando somente a Torre Sineira que ainda hoje se encontra no local e é conhecida como a Torre do Galo[15] em alusão ao cata-vento em forma de Galo que tem no topo. (Abecasis, 2009, p. 149)(Figueiredo, Gomes e Vale, 2007)

Nos dias de hoje restam do complexo da Real Barraca a Sala dos Serenins e a Sala da Física que estão atualmente ocupadas pela Divisão de Documentação Fotográfica do Instituto dos Museus e da Conservação. A Sala da Tapeçaria onde se encontra hoje o Lar de Santa Isabel da Casa Pia de Lisboa, foi em tempos a residência de Alexandre Herculano enquanto bibliotecário da Biblioteca da Ajuda. (Abecasis, 2009, p. 149)

[14] Ministro da Justiça e Negócios Eclesiásticos
[15] Torre Sineira da Capela Real da Ajuda é Património do Estado Português e está classificada como Imóvel de Interesse Público de grau 2 e é um projeto da autoria do Arquiteto Manuel Caetano de Sousa

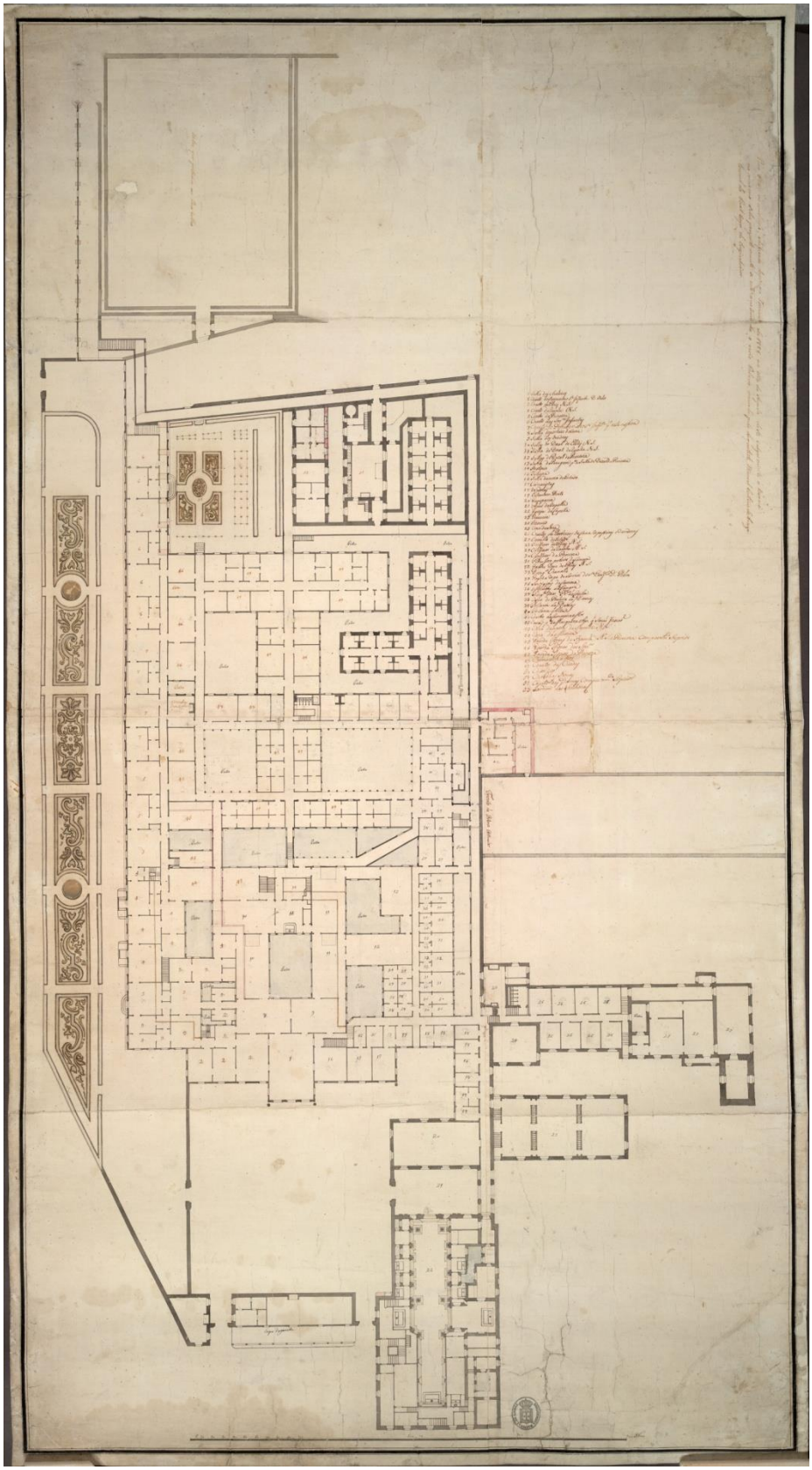


**Ilustração 40** – Planta da Real Barraca (Bibiena, 1755)

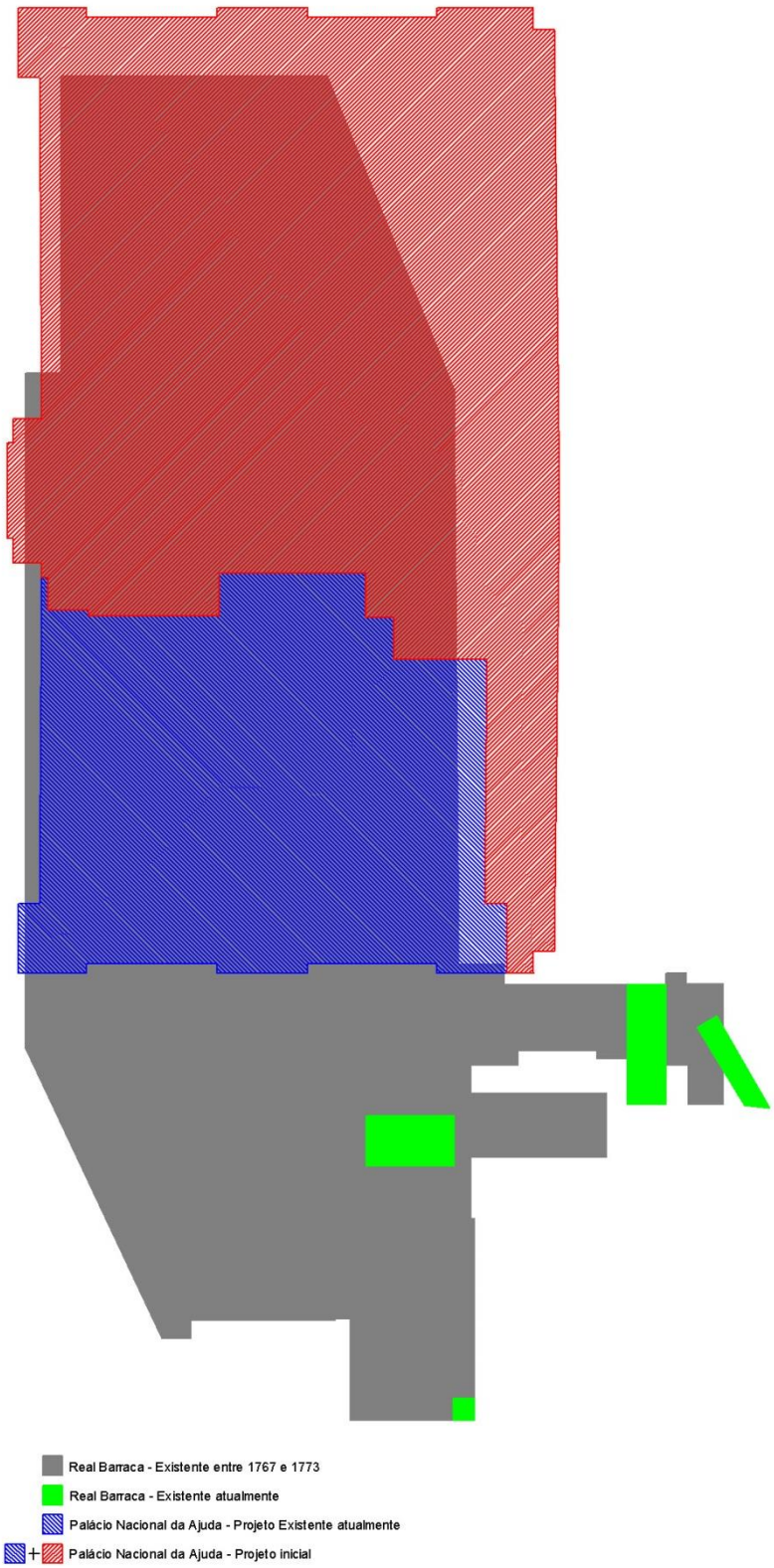

Real Barraca - Existente entre 1767 e 1773
Real Barraca - Existente atualmente
Palácio Nacional da Ajuda - Projeto Existente atualmente
Palácio Nacional da Ajuda - Projeto inicial

**Ilustração 41 –** Sobreposição das implantações da Real Barraca e do Palácio Nacional da Ajuda. (Ilustração nossa, 2013)

O Palácio Nacional da Ajuda, ocupa neste momento o mesmo local onde antes se erguia a Real Barraca, no entanto a área de implantação do atual Palácio é menor que a da Real Barraca.

### 3.3. TETOS EM CAIXOTÃO EM MADEIRA

Os tetos em caixotão foram desde sempre muito utilizados em edifícios de ordem religiosa, sendo que por vezes estes não constavam no projeto inicial e eram depois construídos e adaptados. O formato do teto em caixotão depende sobretudo da arquitetura do edifício e do formato do teto do mesmo. Por norma estes tetos são comuns em edifício de duas águas e estão diretamente relacionados com a forma da cobertura. Os tipos de tetos em caixotão mais comuns são os tetos em abóbada de berço abatida, os tetos em abóbada de berço, os tetos em três terços e os tetos planos. Dentro destas tipologias existem naturalmente variantes, estas eram por norma introduzidas pelos carpinteiros que construíam os tetos de acordo com a sua mestria. Existem também tetos com formas e perfis singulares que não obedecem de forma alguma aos acima descritos, estes eram casos de encomendas particulares quase sempre posteriores à obra de construção do edifício. (Rodrigues, 2009, p. 1-2)

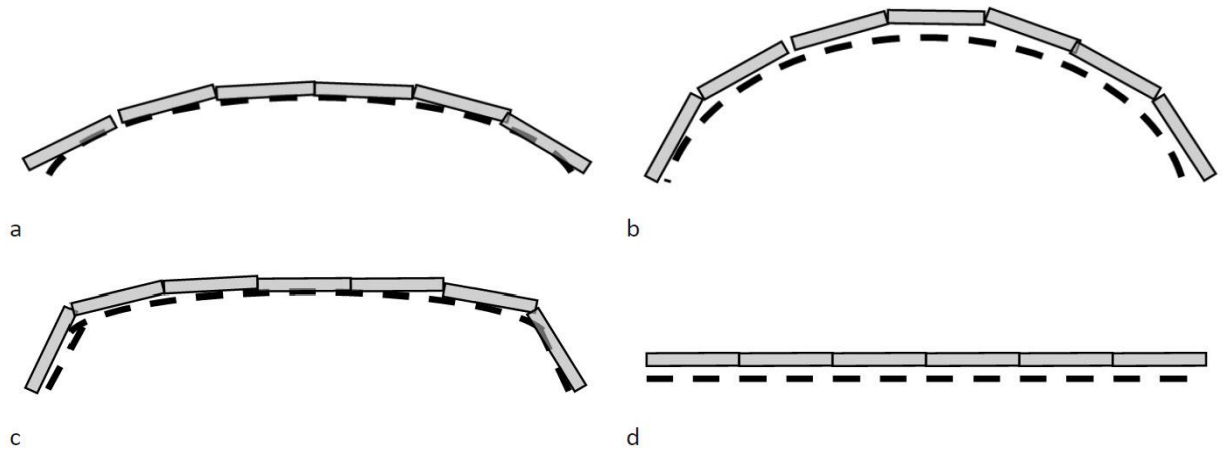



**Ilustração 42** – Esquemas de tetos em caixotão de madeira: a) Teto em abóbada de berço abatida; b) Teto em abóbada de berço; c) Teto em três terços; d) Teto plano. (Rodrigues, 2009/2010, p. 2)

**Ilustração 43** – Teto em abóbada de berço abatida da igreja do Antigo Convento do Salvador, Braga. (Braga On, 2012)

**Ilustração 44** – Teto em abóbada de berço da Igreja de Marzagão, Carrazeda de Anciães. (Gonçalves, 2011)

**Ilustração 45 –** Teto em três terços da Igreja de Santo André, Mirandela. (Sistmir, 2011)

**Ilustração 46 -** Teto plano do coro alto do Convento Corpus Christi, Gaia. (Amen, 2013)

A estrutura que suporta os caixotões tem uma relação direta com o formato do espaço em que se insere e com a cobertura, podendo ou não estar interligada com a estrutura da cobertura. Os tetos eram construídos após a construção da cobertura, só assim se podia garantir que ficavam protegidos das humidades exteriores. Na maior parte dos

tetos a sua estrutura é independente da estrutura da cobertura, assim, em caso de alteração da estrutura da cobertura esta não iria afetar o teto. Existem no entanto casos em que a estrutura do teto está dependente da estrutura da cobertura, podendo este tipo de solução dar origem a problemas de deformação do teto, esta solução era por norma utilizada quando o teto não fazia parte do projeto inicial. (Rodrigues, 2009, p. 3-7)

A estrutura dos tetos varia de acordo com o tipo de teto a construir e com a mestria do carpinteiro, podendo variar de região para região em função da sua formação.

Por norma, os tetos em caixotão, estão assentes em apoios internos e externos, sendo definidos como apoios internos os que estão entre o teto e a cobertura ou parede e como apoios externos os que estão à vista. Os apoios internos definem a configuração do teto e podem ser de madeira ou ferro, por norma existia um vigamento em madeira que servia de apoio a tirantes de ferro que faziam a ligação entre o vigamento e as molduras do teto, podendo atravessar o teto e ficar à vista, passando a apoios externos. Os apoios externos são dispostos em relação ao menor vão da nave, para além da sua função estrutural, podem também ter uma função decorativa e são normalmente constituídos por uma espécie de asna metálica formada simplesmente pela linha e alguns tirantes, dependendo da largura do teto. Estes tirantes estavam diretamente ligados às molduras do teto, ou ao vigamento de apoio interno, podendo as molduras fazer parte da estrutura dos tetos em caixotão, sempre que os apoios internos não eram suficientes para suportar todo o teto. No caso dos tetos planos, não existiam apoios externos para além das molduras. (Rodrigues, 2009, p. 3-7)

## 3.4. DE 1755 ATÉ À ATUALIDADE

Em Portugal a madeira foi utilizada com frequência na construção tradicional sob a forma de tronco ou toro de madeira, sendo usado com frequência o pinho bravo, o carvalho, a casquinha, o castanho, o choupo, a nogueira, o pinho manso e o pitespaine[16]. (Brites, 2011, p. 22)

[16] "Madeira de resinosa, creme com veios acastanhados, desenho venado, dura, pesada, fácil de trabalhar e muito durável. Aplicação: construção naval e construção civil. Espécie típica comercial: Pinus palustris Mill. Proveniência: E.U.A." (Engimad, 2010, p. 12)

Nesta época a floresta é também uma fonte de rendimento para a população rural e esta era visto como um bem precioso, sendo o mato que aí cresce utilizado para o gado, oferecendo simultaneamente combustível para aquecimento e para cozinhar.

Na zona Norte de Portugal existiam os espigueiros como exemplos da arquitetura popular de madeira, que eram apoios à agricultura e servem não só para secar o milho, mas também para proteger este cereal dos roedores. (Moutinho, 1995, p. 41-42)

De planta retangular e elevados do chão através de pilares de pedra que tinham no topo uma pedra chamada de mesa, que servia para impedir as pragas de roedores e com a elevação, para evitar a humidade do chão. Dos vários tipos de espigueiros existentes destacam-se dois: os de paredes verticais e os de paredes inclinadas. Os de paredes verticais podiam ser construídos inteiramente de pedra, de pedra e madeira ou só de madeira; os de paredes inclinadas eram construídos só de madeira. (Moutinho, 1995, p. 43)

Nos espigueiros de paredes verticais com pedra e madeira, esta era utilizada para a construção das paredes, sendo toda a estrutura construída em pedra. As paredes eram constituídas por ripas de madeira colocadas na vertical e travadas na horizontal por três ou quatro barrotes. Formavam frestas entre si para possibilitar a circulação de ar para a secagem do milho.

Nos espigueiros construídos inteiramente de madeira, eram utilizados barrotes dispostos na horizontal e na vertical de modo a constituir a estrutura principal do espigueiro, sendo depois colocado um ripado vertical, semelhante aos dos espigueiros de pedra e madeira, que servia de parede.

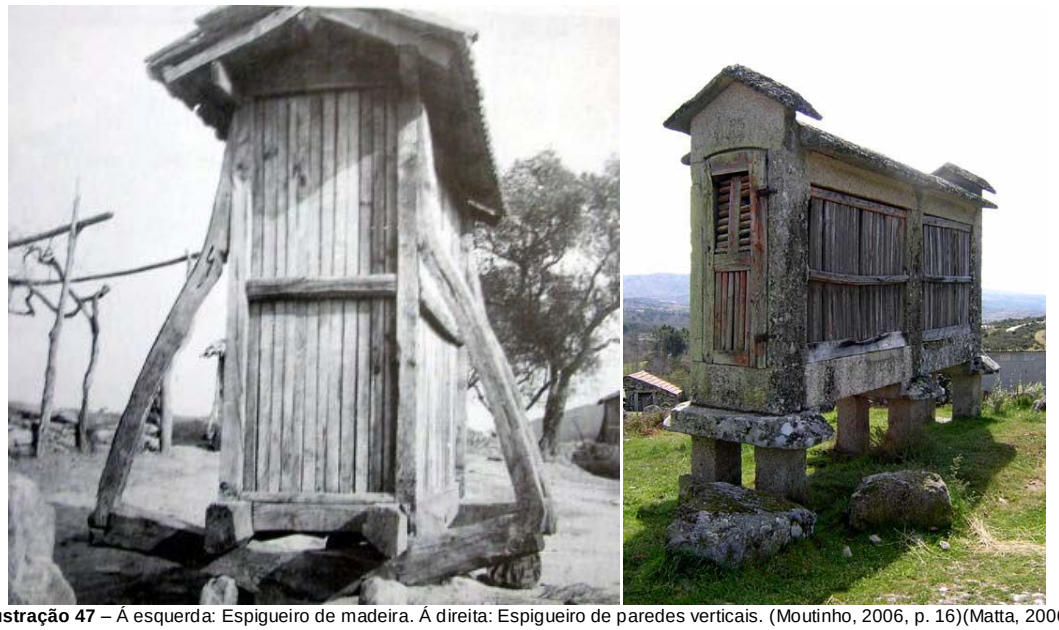


**Ilustração 47** – Á esquerda: Espigueiro de madeira. Á direita: Espigueiro de paredes verticais. (Moutinho, 2006, p. 16)(Matta, 2006)

Também nas zonas pesqueiras se recorria a construções rudimentares de madeira para guardar as suas redes, as alfaias, as salgas e o gado utilizado no reboque das embarcações e redes. (Moutinho, 1995, p. 89-91)

Também as habitações dos pescadores eram construídas em madeira, como por exemplo em Mira, nos denominados. Pensa-se que o nome de palheiro venha do facto de inicialmente estas construções terem uma cobertura de palha que com o tempo foi sendo substituída por telha. (Moutinho, 2006, p. 16)

Estas construções eram por norma de um só piso e de planta retangular, apesar de existirem habitações deste tipo com dois pisos. Por serem construídos no areal junto à praia, estes edifícios eram assentes sobre estacas e poderiam ter entre 6 a 12 metros de frente, 4 a 9 metros de profundidade e entre 3 a 5 metros de pé direito. A estacaria onde assentavam estas habitações tinha normalmente entre 1 a 2 metros de altura, no entanto em alguns casos podia ultrapassar os 3 metros, com o passar do tempo, alguns pescadores acabavam por fechar este espaço térreo acrescentando assim mais um piso à habitação, ou se o pé direito não fosse suficiente, criavam uma simples divisão para servir de arrumos. (Moutinho, 2006, p. 37-39)

O espaço libertado pelas estacas servia inicialmente para a circulação do areal da praia, sendo o acesso às habitações feito por escada que se ligava a uma varanda corrida em toda a frente da habitação, com uma ou duas portas de entrada. O interior da habitação era constituído por uma cozinha e por quartos. (Moutinho, 2006, p. 37-39)

As coberturas podiam ser de palha ou colmo, mas foram sendo gradualmente substituídas por telha e eram sempre de duas águas. A madeira era usada na construção de toda a habitação, sendo os pilares eram feitos com toros de madeira. A estrutura da cobertura por norma era constituída por uma asna simples, existindo variações. As paredes eram construídas com tabuas de madeira serrada que podia ser colocadas na vertical ou na horizontal. (Moutinho, 2006, p. 37-39)(Moutinho, 1995, p. 89-91)

> Cortegaça, Furadouro, Torreira, S. Jacintho, Tocha e outras praias do littoral extremenho e algarvio são povoações em que o labor quasi exclusivo dos habitantes é a pesca. N'estas predomina o palheiro de taboado, excluindo-se quasi toda a habitação erguida com qualquer outra naturesa de materiaes. (Peixoto, Severo e Cardoso, 1903, p. 85)

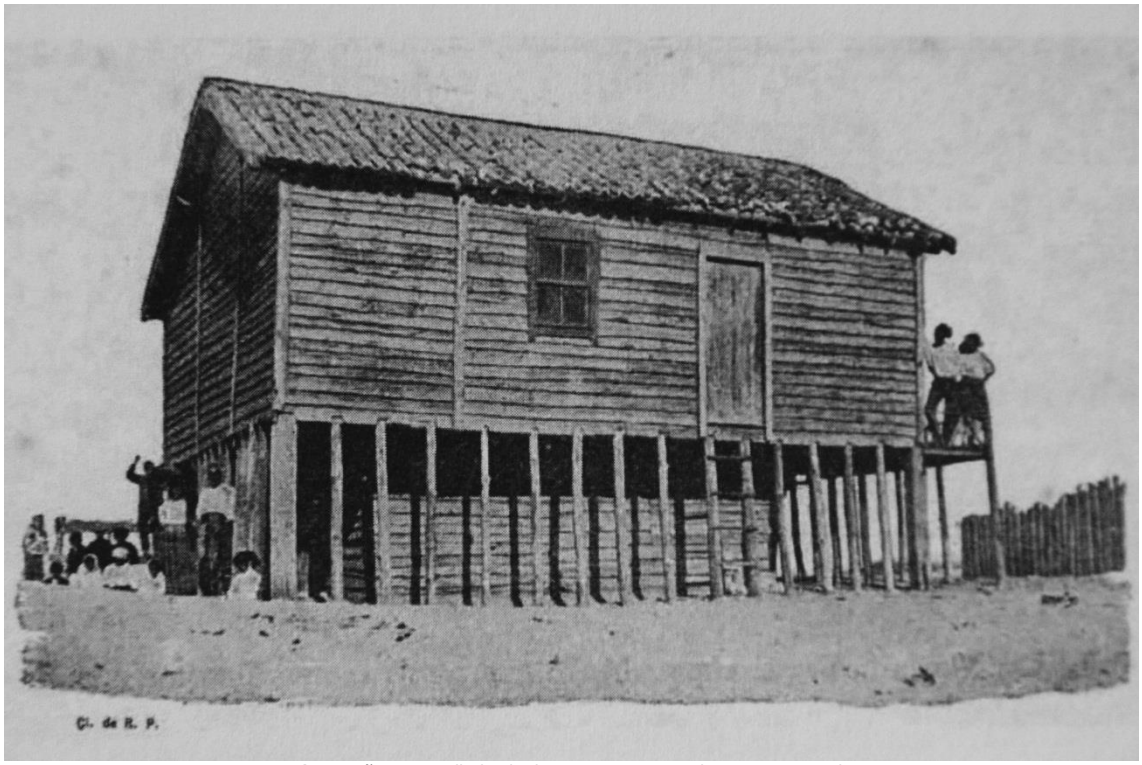


**Ilustração 48** – Palheiro (Peixoto, Severo e Cardoso, 1903, p. 94)

Na zona de Aveiro, as habitações da Costa Nova, que eram tradicionalmente habitações de pescadores, com o tempo estas começaram a ser solicitadas pelo turistas como habitação de férias durante a época balnear. Com o passar do tempo muitas foram convertidas em habitações de veraneio. (Moutinho, 2006, p. 21-23)

> O vermelhão vela exteriormente a côr do pinho; e quando, ladeando postigos e janellas, uma guarnição de madeira as emmoldura, destaca-se pelas côres azul e

branca. Ao alto o numero camarario, para o vexame d'um imposto exorbitante." (Peixoto, Severo e Cardoso, 1903, p. 87)

Como geralmente em todas as povoações costeiras, ter casa propria, na Cova de Lavos, é uma aspiração suprema e quasi sempre realisada, ou ella seja modesta e custe vinte libras, ou vasta e folgada e vá até ás cem. Depois ha os reparos e a substituição frequente das estacas, e , se a prosperidade ajuda, tingem-se de cal interiormente. (Peixoto, Severo e Cardoso, 1903, p. 94)

**Ilustração 49** – Palheiros da Costa Nova. (Dias, 2006)

Nos estuários do rio Tejo e Sado, encontramos também comunidades piscatórias denominadas Avieiras, que descendem dos pescadores do litoral centro de Portugal, dai emigrados no Inverno devido à impossibilidade de pescar no mar. (Instituto Politécnico de Santarém, 2013)(Moutinho, 2006, p. 27-29) (Projecto de Candidatura da Cultura Avieira a Património Nacional, 2010, p. 3-5)(Projecto de Candidatura da Cultura Avieira a Património Nacional, 2009, p. 1-9)

Os abrigos destas comunidades eram normalmente as próprias embarcações que serviam para a pesca, estas tinham uma cobertura de madeira ou era colocada uma para o efeito. Com o tempo estas comunidades foram-se fixando nestes locais e as suas habitações foram evoluindo, passando a habitações permanentes do mesmo tipo do litoral português. "Sabe-se que no lugar da Costa, na Caparica, ainda em 1823 ou 24 o monarcha se hospedou na única casa de cantaria que se destacava em toda a

povoação de cabanas de pescadores." (Peixoto, Severo e Cardoso, 1903, p. 85)(Moutinho, 2006, p. 16)

**Ilustração 50** – Embarcações Avieiras. (Moutinho, 2006, p. 18)

Nas restantes zonas do país a madeira era utilizada essencialmente para a construção de pavimentos e asnas para as coberturas. As vigas de pavimento constituídas por troncos de madeira ou barrotes serrados para o efeito, eram colocadas na horizontal paralelamente entre si. As extremidades eram apoiadas ou encastradas nas paredes portantes construídas em alvenaria. (Moutinho, 2006, p. 27-29)

De modo a conferir segurança e robustez ao pavimento podiam ser utilizados ferrolhos metálicos cujas extremidades do ferrolho eram aparafusadas ou pregadas à viga de madeira e a outra fixa à parede de alvenaria. As extremidades das vigas, bem como das asnas encastradas eram tratadas com preservantes. Estes consistiam numa pintura, que assegurava a durabilidade da estrutura. Em algumas estruturas, e devido à incerteza da resistência, as vigas do pavimento eram apoiadas num frechal, que era constituído por uma viga contínua à parede onde assentavam as do pavimento. Este sistema conferia estabilidade ao pavimento evitando também deformações pontuais da parede. Além disso eram colocados tarugos entre as vigas de pavimento para evitar o efeito de bambeamento.

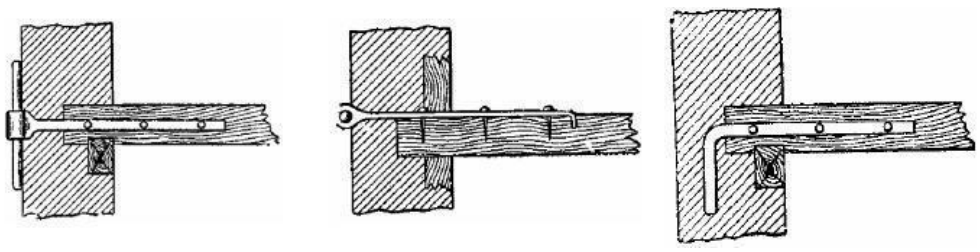


**Ilustração 51** – Em cima: Ferrolhos Metálicos. Á Esquerda: Tarugos de pavimento para evitar o bambeamento das vigas. Á Direita: Cadeia do Pavimento. (Cardoso, 2010, p. 14)(Cardoso, 2010, p. 16)(Ilustrações nossas, 2013)

Nas zonas onde o pavimento tinha de ser interrompido por escadas ou chaminés, eram colocadas cadeias, que serviam para auxiliar na transmissão de cargas de modo a não enfraquecer a estrutura nestas zonas. (Mascarenhas, 2009, p. 111)(Cardoso, 2010, p. 13-15)

As asnas mais utilizadas em Portugal são as asnas simples e as compostas. As asnas simples eram indicadas para vãos até 8 metros enquanto que as compostas podiam suportar vãos até 13 metros. (Brites, 2011, p. 20)

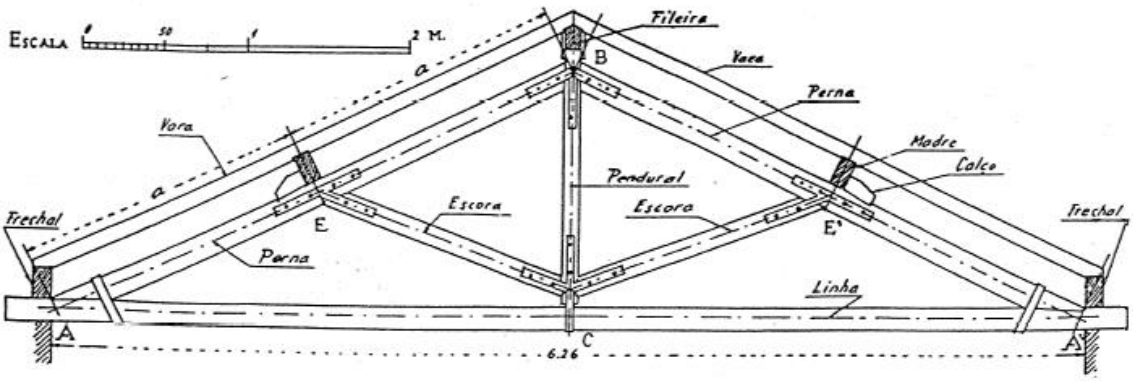



**Ilustração 52** – Asna Simples (Brites, 2011, p. 21)

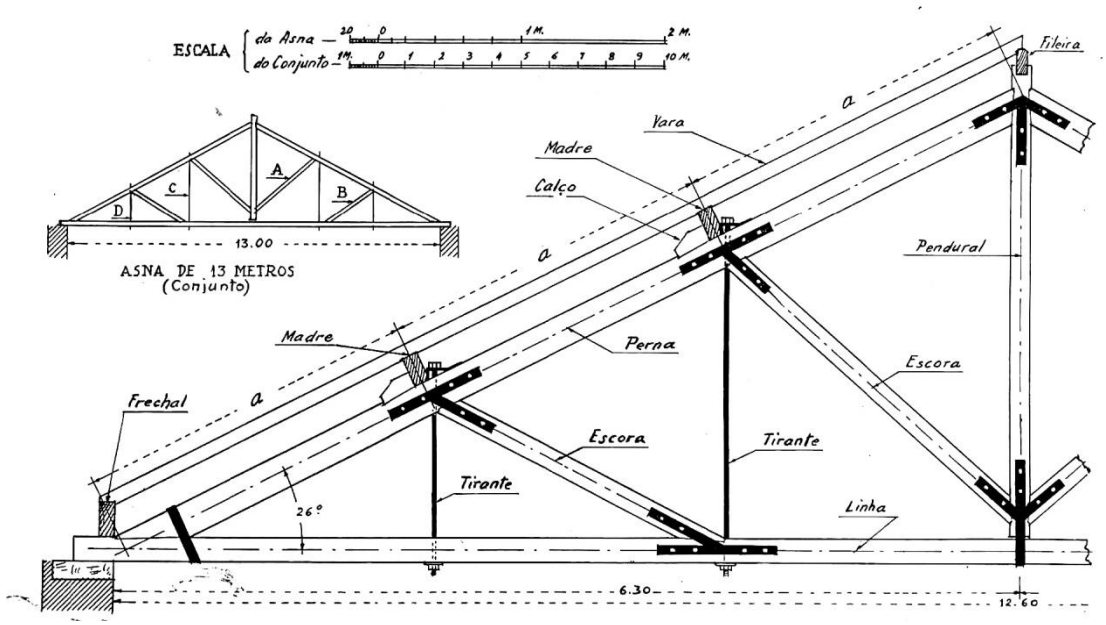



**Ilustração 53** – Asna Composta (Brites, 2011, p. 21)

As construções em madeira acabam por se irem gradualmente perdendo devido ao grande desenvolvimento na área dos materiais de construção do final do séc. XIX, início do séc. XX. Com a industrialização as populações migram para os grandes centros urbanos em busca de melhores condições de vida e salários. Por isso as construções deixadas por estas comunidades começaram gradualmente a desaparecer não só devido à falta de manutenção, como pelo desaparecimento dos artesãos que passavam de geração em geração os conhecimentos desta forma de construir com madeira.

Com a necessidade de habitação para a crescente população dos grandes centros urbanos, promoveu-se a construção de habitação social com recurso a sistemas pré-fabricados de madeira, estes sistemas ofereciam baixos custos de construção e rapidez de execução face aos restantes. Este facto fez com que a madeira ficasse associada a uma construção de fraca qualidade.

Entre 1880 e 1930 assiste-se a uma deturpação do sistema de gaiola pombalino. Passados mais de 100 anos após o terramoto, os receios deixam de se fazer sentir e a procura por habitação nos grandes centros urbanos acelera a construção e a decadência da qualidade da mesma. O sistema de gaiola passa a ser conhecido como gaioleiro, este novo sistema baseia-se na gaiola pombalina mas simplifica-o ao nível estrutural e construtivo. São eliminados alguns elementos horizontais em madeira que compunham a gaiola, o que aliado à mão de obra não qualificada e à fraca qualidade dos materiais usados altera a estabilidade estrutural do edifício. Existe também um

aumento do número de pisos que passa dos 5 do pombalino para 6 ou 7 com o gaioleiro. Os edifícios da Baixa Pombalina sofrem também com a procura de habitação na capital, acrescendo mais 1 ou 2 pisos, alterando assim o plano original e pondo em causa as premissas lançadas por Marques de Pombal aquando da sua construção.

As fachadas dos edifícios eram constituídas por paredes-mestras em alvenaria de pedra enquanto as laterais eram constituídas por paredes resistentes de alvenaria de tijolo maciço. As paredes do piso térreo, bem como algumas dos pisos superiores, eram também paredes resistentes de alvenaria de tijolo maciço. No entanto a maioria das paredes divisórias interiores das habitações eram paredes de tabique. Os pavimentos eram constituídos com barrotes de madeira assentes nas paredes resistentes e dispostos no menor vão, sendo o travamento dos barrotes de madeira feitos com ferrolhos metálicos. (Torres, 2010, p. 6)(Andrade, 2011, p. 16-18)

Na década de 30 do séc. XX, o betão armado começa a ser utilizado com mais frequência na construção habitacional. Gradualmente os pavimentos de madeira são substituídos por lajes de betão armado, e o pé direito é reduzido para 3 metros. Este tipo de construção aparece inicialmente associado com a habitação social, como é o caso das moradias sociais do Arco do Cego e dos edifícios dos quarteirões interiores de Alvalade. (LNEC, 2005)

A estrutura integral em betão armado só começa a ser utilizada em larga escala nos anos 50. Os edifícios de Lisboa, construidos em betão armado nesta época, têm uma média de 6 a 8 pisos, sendo Alvalade, Pontinha, Benfica, Olivais Norte e Restelo apresentandos como exemplos de boa qualidade de construção. No entanto, os bairros sociais, como os da Ajuda, Serafina e das Furnas, eram pelo contrário apresentados como exemplos de fraca qualidade de construção. (LNEC, 2005)

A partir dos anos 60 a altura dos edifícios varia bastante bem como os sistemas de construção. Dá-se o aparecimento de bairros clandestinos na zona da grande Lisboa, e são destinados a habitação permanente e podem ter até 3 pisos (construção em betão e alvenaria de tijolo). Em paralelo surgem ainda os bairros degradados (bairros de lata) construídos em madeira e elementos pré-fabricados leves.

No entanto e apesar de a madeira quase ter desaparecido como componentes estrutural na arquitetura, existem pelo país vários exemplos de que durante o séc. XX a madeira foi utilizada como material estrutural na arquitetura. Durante este século, a

madeira deixa de aparecer como parte integrante de um sistema estrutural, como tinha acontecido até então. Há no entanto excepções como a obra de Eduardo Anahory, na serra da Arrábida, a casa Aiola, visível na ilustração 54. Uma habitação clandestina construída na década de 60 e que acabou por ser demolida na década de 80. (Ordem dos Arquitectos, 2007, p. 90)

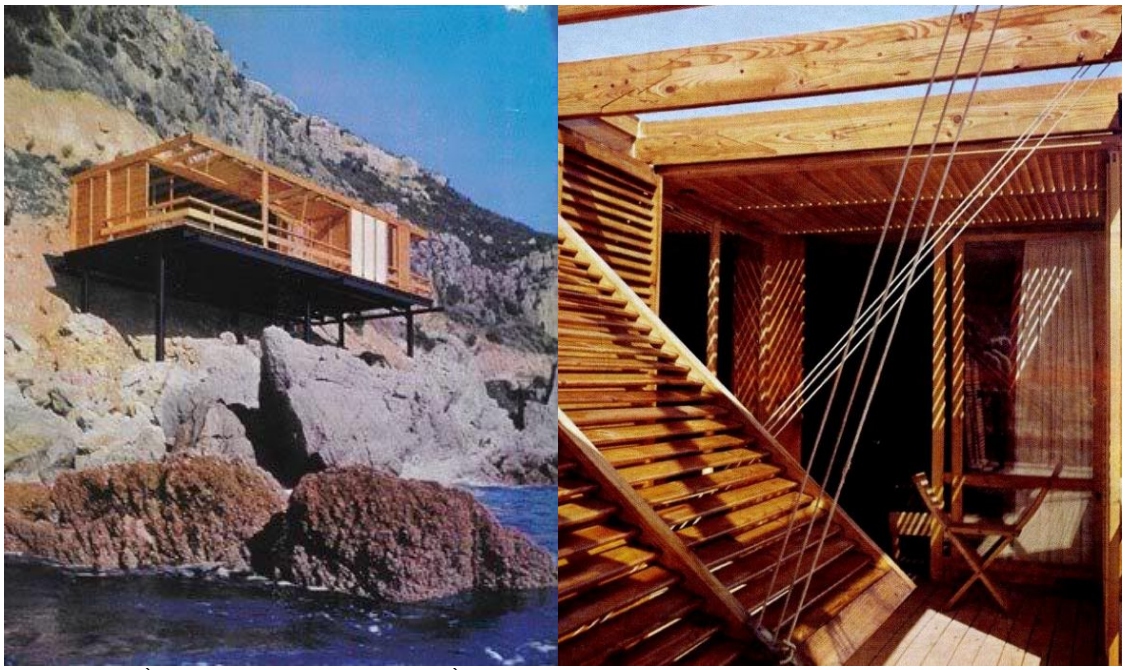


**Ilustração 54** – À esquerca: vista mar da casa Aiola. À direita: vista interior do sistema de painéis que se abrem para formar a cobertura da varanda. (Ordem dos Arquitectos, 2007)(Ferreira, 2012)

Neste projeto Anahory utilizou madeira de pinho na estrutura e de casquinha nas caixilharias. As paredes eram constituídas por painéis de aglomerado cortiça forrados a contraplacado pelo interior e pintados pelo exterior. (Ordem dos Arquitectos, 2007, p. 90)

Nas duas últimas décadas assistiu-se em Portugal a um crescente interesse na madeira como material estrutural na construção, interesse este que se deve em grande parte à cobertura do Pavilhão Atlântico cuja estrutura tinha à data da sua construção o maior vão de madeira lamelada colada da Europa com 114 metros. O interesse neste material deve-se também ao crescente número de estudo realizados pelas universidades portuguesas em parcerias com empresas do sector das madeiras ou com a colaboração do LNEC (através do Núcleo de Estruturas de Madeira).

## 4. EXTRAÇÃO / PRODUÇÃO DE MADEIRA

Neste capítulo pretende-se dar a conhecer o modo de extração e produção de madeira, desde a floresta, até ao produto acabado para utilizar na construção, quer se trate de madeira maciça quer dos seus derivados.

## 4.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Em Portugal a indústria da transformação e comércio de madeira é denominada por Fileira de Madeira, sendo responsável por todo o processo de transformação da madeira até ao produto final, seja para a construção ou para o mobiliário. Esta indústria é responsável por 2,5% do PIB e por 3% do emprego nacional, representada por cerca de 5000 empresas que empregam aproximadamente 55000 pessoas. (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, [s.d.])(Cardoso, 2013)

No que respeita à produção indústrial, 57% é exportada, pertencendo 42% à indústria do mobiliário, sendo que mais de 10% desta quota é garantida pela empresa Swedwood do grupo IKEA.(Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, [s.d.])(Cardoso, 2013)

No entanto a Fileira de Madeira está inserida num universo mais abrangente, que de acordo com o ICNF[17] é denominado de Fileira Florestal divida em 7 categorias (ilustração 55). Neste trabalho serão abordadas somente algumas categorias das fileiras de Silvicultura e Exploração Florestal, de Madeira e de Cortiça. (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, [s.d.])

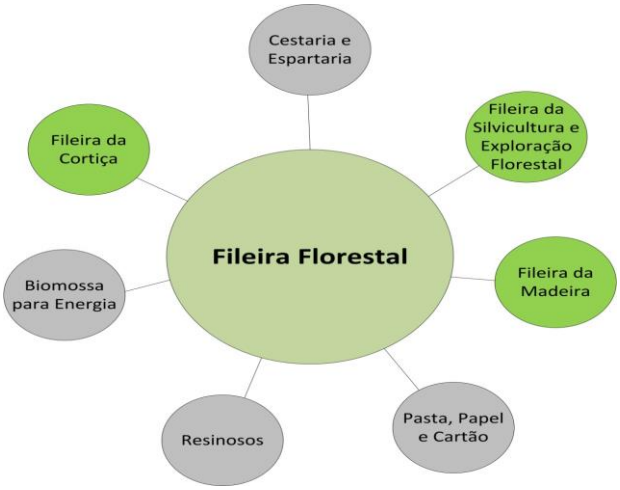



**Ilustração 55 –** Organização da Fileira Florestal em Portugal de acordo com o ICNF (Ilustração nossa, 2013)

[17] Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, é o resultado da fusão ocorrida em 2012 entre a Autoridade Florestal Nacional (ANF) e o Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade (ICNB)

Na Fileira de Silvicultura e Exploração Florestal será abordada a categoria da Exploração Florestal e nesta serão abordados os métodos utilizados na extração da madeira.

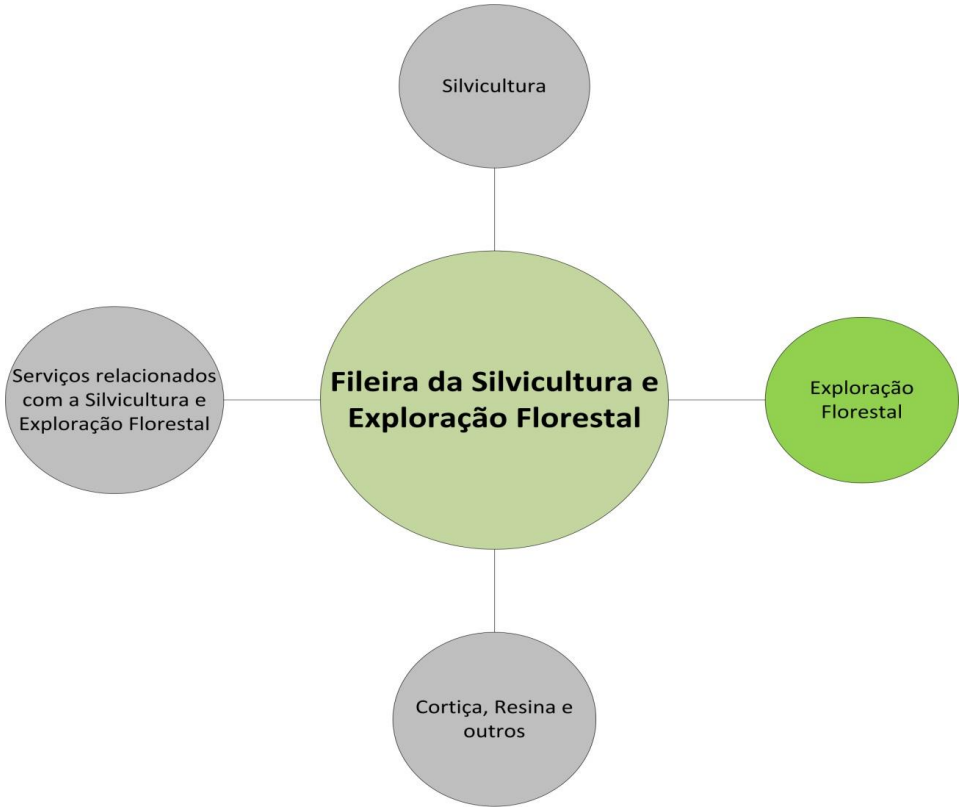

Silvicultura
Serviços relacionados com a Silvicultura e Exploração Florestal
Fileira da Silvicultura e Exploração Florestal
Exploração Florestal
Cortiça, Resina e outros

**Ilustração 56** – Organização da Fileira de Silvicultura e Exploração Florestal de acordo com o ICNF[18] (Ilustração nossa, 2013)

Na Fileira de Madeira serão abordadas as seguintes categorias: Serração; Painéis de Partículas; Painéis de Fibras; Folheados, Contraplacados, Lamelados e outros Painéis; Carpintaria para Construção.

Na categoria da Serração serão abordados os métodos de corte e preparação da madeira para os diferentes usos e os métodos de preservação da madeira.

Na categoria Painéis de Partículas serão abordados os Aglomerados de Partículas Longas Orientadas (OSB – Oriented Stand Board), os Aglomerados de Partículas, Aglomerados de Partículas de Média Densidade (MDP – Medium Density Particleboard), o Aglomerado de Madeira-Gesso (Gypsum fiberboard).

[18] No diagrama da ilustração 56 não será abordado o tema “Cortiça, Resina e outros”, sendo que este refere-se exclusivamente à extração de cortiça, resina e apanha de outros produtos florestais. A cortiça como derivado da madeira será abordada mais à frente no presente capítulo.

Na categoria Painéis de Fibras serão abordados os Aglomerados de Fibra de Madeira de Média Densidade (MDF – Medium Density Fiberboard), Aglomerados de Fibras de Madeira, Aglomerados de Fibras de Madeira Leves, Aglomerados de Fibras de Madeira de Duros (HDF – High Density Fiberboard), Aglomerado Madeira-Cimento, Aglomerado de Aparas (chipboard). Na categoria Folheados, Contraplacados, Lamelados e outros Painéis, serão abordadas a Madeira Lamelada Colada Cruzados (MLCC), a Madeira Micro Lamelada Colada (LVL – Laminated Veneer Lumber), a Parallel Strad Lumber (PSL), a Laminated Strad Lumber (LSL), Painéis de Madeira Lamelada Colada Cruzada – X-Lam (CLT – Cross Laminated Timber), o Compósito de Madeira-Plástico (WPC – Wood Polymer Composite). Na categoria Carpintaria para Construção serão abordadas as vigas I-Joist e os tijolos de madeira.

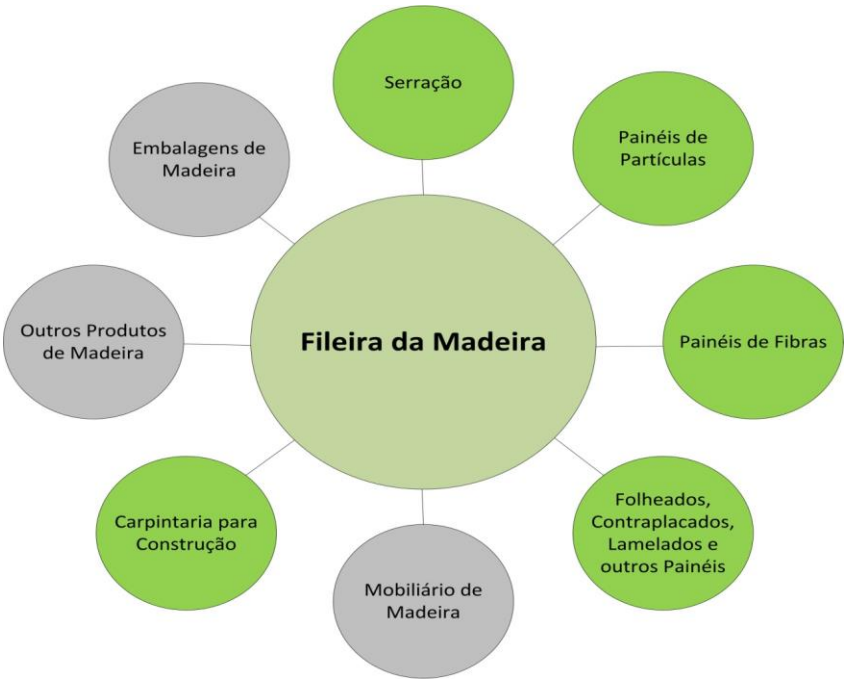



**Ilustração 57 –** Organização da Fileira de Madeira de acordo com o ICNF (Ilustração nossa, 2013)

Na Fileira da Cortiça será abordada a categoria Produtos de Cortiça para a Construção, nesta serão abordados alguns produtos para a construção com base de Cortiça.

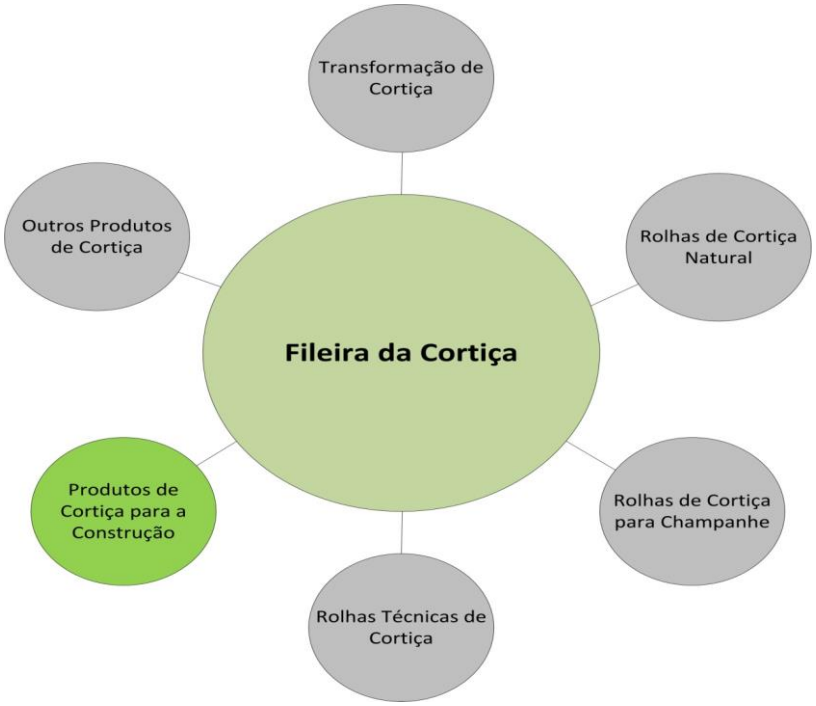

Transformação de Cortiça
Outros Produtos de Cortiça
Rolhas de Cortiça Natural
Fileira da Cortiça
Produtos de Cortiça para a Construção
Rolhas de Cortiça para Champanhe
Rolhas Técnicas de Cortiça

**Ilustração 58** – Organização da Fileira de Cortiça de acordo com o ICNF (Ilustração nossa, 2013)

## 4.2. A MADEIRA COMO ECO MATERIAL

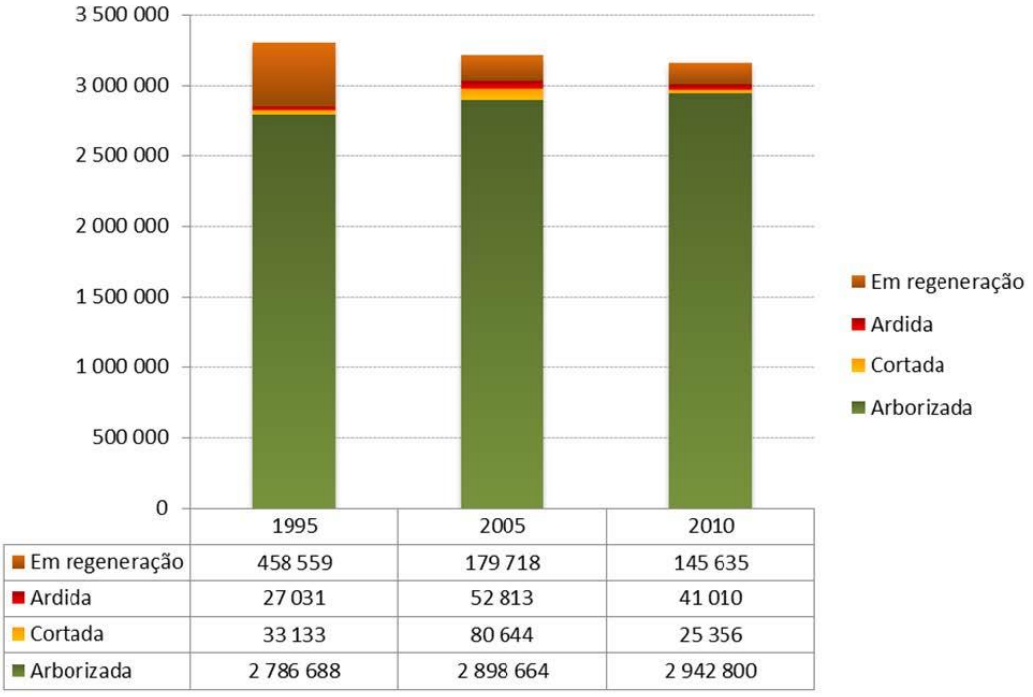
Com a crescente consciência ambiental e subsequente procura de materiais e técnicas de construção mais eficazes e limpas, a madeira tem sido alvo de inúmeros estudos, principalmente a nível Europeu onde a sua utilização como material na construção tem pouca expressão quando comparado com a alvenaria de tijolo ou com o betão.

### 4.2.1. EXPLORAÇÃO FLORESTAL

Em Portugal continental 35% do solo é ocupado por floresta o que faz desta o uso dominante do solo em Portugal continental, sendo que o restante território é ocupado em 32% por matos e pastagens, 24% pela agricultura, 5% por espaço urbano, 2% por águas interiores[19] e 2% por solo improdutivo. Os 35% de ocupação florestal colocam Portugal a par com a média dos 27 países da União Europeia que ronda os 37%. (*Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental*, 2013, p. 7-10)

[19] Terreno coberto ou saturado de água durante a totalidade, ou uma parte significativa do ano. (*Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental*, 2013, p. 29)

Nos últimos 15 anos Portugal perdeu cerca de 5% da sua florestal o que representa uma perda de 150000ha, esta perda deve-se sobretudo aos incêndios e à doença do nemátodo da Madeira do Pinheiro, esta com grande incidência no pinheiro bravo. (*Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental*, 2013, p. 11-14)




| | 1995 | 2005 | 2010 |
|---|---|---|---|
| Em regeneração | 458 559 | 179 718 | 145 635 |
| Ardida | 27 031 | 52 813 | 41 010 |
| Cortada | 33 133 | 80 644 | 25 356 |
| Arborizada | 2 786 688 | 2 898 664 | 2 942 800 |

**Ilustração 59** – Área Florestal de Portugal continental subdividida em categorias. (*Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental*, 2013, p. 9)

No gráfico da ilustração 56, podemos verificar as espécies/grupo dominantes em Portugal continental. Destaca-se claramente o Eucalipto como espécie dominante no território nacional, isto deve-se ao facto de ser uma espécie de crescimento rápido[20] e em a grande maioria da produção é absorvida pela Fileira da Pasta, Papel e Cartão. Seguidamente aparecem o Sobreiro e o Pinho-Bravo. De realçar que em 1995 o Pinho-Bravo era a espécie dominante no nosso país, tendo esta cultura vindo a diminuir devido ao nemátodo e a ser substituída pelo Eucalipto pelos factos acima mencionados. De realçar que o Eucalipto não é uma espécie indígena do nosso país, mas encontra-se naturalizada[21]. (*Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental*, 2013, p. 11-14)(Portugal. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Autoridade Florestal Nacional, [s.d.], p. 1-9)

[20] Espécie que atinge a maturidade num período inferior a 16 anos. (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, 2013)

[21] "...Utilização sem restrições legais…" (Portugal. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Autoridade Florestal Nacional, [s.d.])

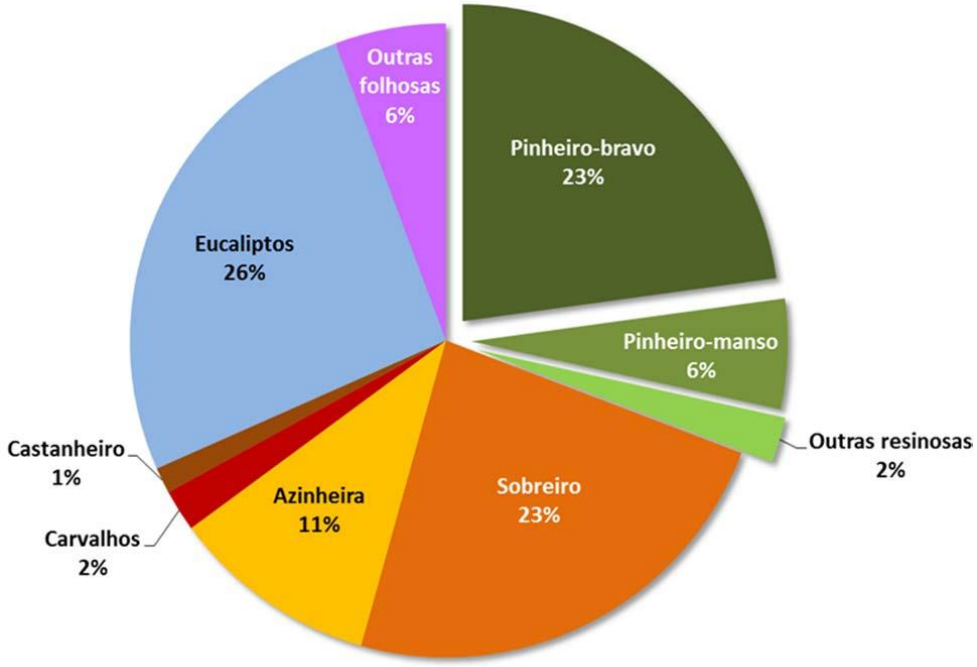



**Ilustração 60** – Divisão da área florestal por grupos de espécies. (*Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental*, 2013, p. 11)

#### 4.2.1.1. EXPLORAÇÃO FLORESTAL

Atualmente os processos de extração de madeira são relativamente simples e automatizados, no entanto em algumas zonas do país e devido à topografia acidentada ainda existe necessidade de recurso a processos mais artesanais. Os processos artesanais recorrem a moto serras portáteis que são transportados pelos madeireiros até ao local de abate, após abatidas processa-se em seguida a desrama das árvores que são em seguida transportadas até ao local de carregamento com recurso a cabos de aço, onde é cortada em toros do tamanho desejado. No processo mecânico, a árvore é abatida com o recurso a uma cabeça de corte que é manuseada através de um veículo pesado[22], a cabeça de corte efetua a desrama e corta a árvore em toros. As cabeças de abate têm em média capacidade para abater árvores até 750mm de diâmetro sem limite de comprimentos da árvore, este processo demora menos de 1 minuto. Este processo aplica-se normalmente a árvore de tronco direito e homogéneo. As árvores com um diâmetro superior a 750mm são abatidas pelo método mais tradicional, sendo que normalmente a serração nunca está muito longe do local de abate devido ao grande porte destas árvores.

[22] Veículo de rodas ou lagartas com braço hidráulico articulado com capacidade para suportar a cabeça de corte e o peso da árvore.

Na exploração florestal pode ainda ser feita a toragem[23] de acordo com as suas dimensões e forma do tronco abatido. Atualmente existe também a possibilidade de instalação de serrações portáteis nas explorações florestais de modo a rentabilizar os recursos e a diminuir os custos. (Ponsse Austria, 2013)

**Ilustração 61** – Á esquerda: Equipamento pesado com cabeça de abate; Á direita: Cabeça de abate Ponsse Harvesterhead X50. (Volvogroup, 2008)(Ponsse Austria, [s.d.])

#### 4.2.1.2. SERRAÇÃO

Na serração o primeiro passo a ser efetuado é a classificação e toragem dos toros, no caso desta não ter já sido efetuada na exploração florestal. O passo seguinte é o descasque dos toros e serragem dos mesmos, seguindo-se a toragem efetuado pelo classificador. A toragem é efetuada de acordo com a qualidade da madeira e com a finalidade da mesma, na ilustração 59 apresentam-se alguns métodos de toragem que possibilitam diferentes utilizações e diferentes padrões da madeira. (*Modern Marvels - Wood - T14 - Ep39*, 2013)(Associação das Indústrias da Madeira e Mobiliário de Portugal, 2013)

[23] Ato de traçar os troncos abatidos. Este ato serve para traçar no toro a forma como irá ser cortado na serração.

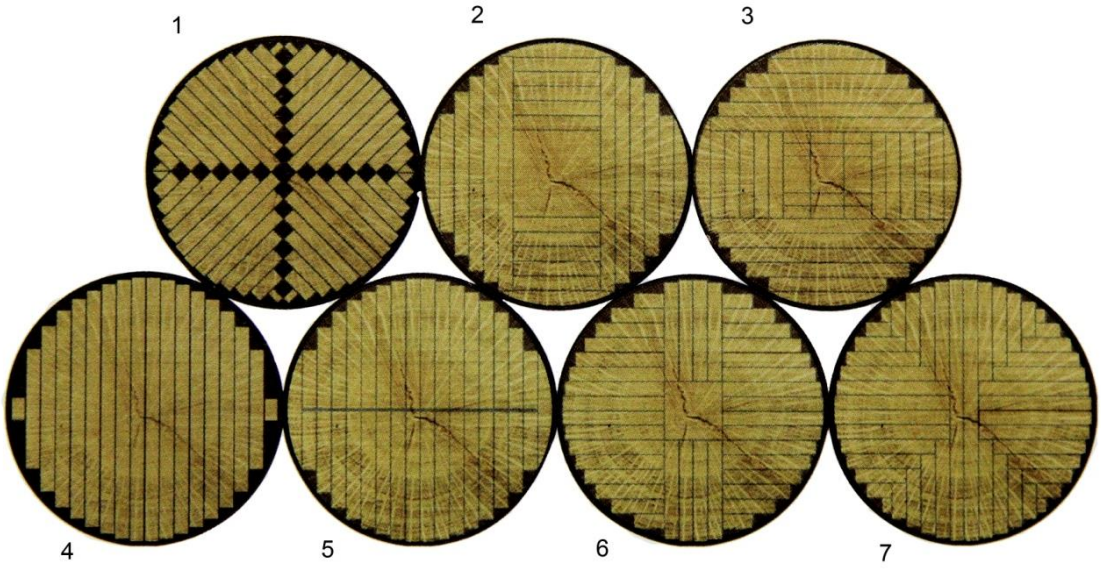



**Ilustração 62** – Alguns métodos de toragem. 1) corte radial; 2) corte de anel deitado; 3) corte de anel em esquadria; 4) corte longitudinal (desfiar); 5) barrote redondo; 6) corte para pranchas e para madeira de construção; 7) corte para maximizar faces radiais (Gibbs, 2012, p. 27)

A madeira serrada segue agora para as diferentes indústrias de transformação intermédia ou de produção final. Para a construção pode seguir madeira da serração ou de produção final, ou seja, a madeira serrada utilizada para cofragem ou em forma de tábua ou barrote, ou ainda na forma de painéis ou produtos de carpintaria. Poderá ainda existir um processo intermédio que poderá ser ou não executado na serração, que se designa por tratamento da madeira. (Gibbs, 2012, 26-27)(*Modern Marvels - Wood - T14 - Ep39*, 2013)(Associação das Indústrias da Madeira e Mobiliário de Portugal, 2013)

O tratamento da madeira é um processo que pode ocorrer de várias formas com a finalidade de proteger a madeira de patologias como as térmitas, fungos e humidade, podendo também ser nestes tratamentos adicionados corantes, repelentes de água e de proteção ao fogo.

A forma mais comum de tratamento da madeira é com o recurso a um autoclave, este consiste num cilindro hermético que pode variar em comprimento e diâmetro de acordo com as necessidades. A madeira é introduzida no interior do autoclave e é ai iniciada a primeira fase de tratamento que consiste na criação de vácuo no interior do autoclave, processo este que serve para expandir as fibras da madeira de modo a permitir uma penetração mais profunda do produto preservante. Após o vácuo estar criado é introduzido no cilindro o produto preservante que por norma está diluído em água, sendo em seguida aplicada pressão ao interior do cilindro de modo a forçar o

preservante a penetrar na madeira. Por fim o preservante é retirado com a ajuda de vácuo, que ajuda também a libertar a água retida no interior da madeira durante o processo. Finalmente a pressão é normalizada e a madeira pode ser retirada do interior do autoclave, devendo por norma repousar alguns dias de modo a libertar o resto dos produtos preservantes que ficaram retidos no seu interior, com autoclaves modernos é possível após o processo de tratamento estar terminado expedir a madeira diretamente para o cliente. (Arch Timber Protection, 2011)(*Modern Marvels - Wood - T14 - Ep39*, 2013)(Associação das Indústrias da Madeira e Mobiliário de Portugal, 2013)

No entanto existem toros que não seguem para a serração a fim de serem serrados de forma tradicional, estes irão ser laminados ou desenrolados para a produção de lamelas de madeira para diversas aplicações. Para este processo é necessário efetuar um pré-tratamento aos toros, que consiste na imersão destes em água para amolecer as fibras da madeira de modo a proporcionar um corte preciso e contínuo. Este processo pode ser efetuado a frio ou a quente (entre os 80º e os 100ºC) dependendo da espécie de madeira e do tipo de corte a aplicar, esta imersão poderá durar até 72 horas. Após este pré-tratamento a madeira deverá ser trabalhada de imediato. (Arch Timber Protection, 2011)(*Modern Marvels - Wood - T14 - Ep39*, 2013)(Associação das Indústrias da Madeira e Mobiliário de Portugal, 2013)

No processo de desenrolamento do toro, este é colocado num torno onde é desenrolado com o auxílio de uma lâmina, o resultado deste processo é uma folha contínua de madeira (Ilustração 63). Este produto é utilizado para o fabrico de contraplacados, folheados, etc. (Furnierwerk Bühler Spankorbfabrik GmbH, 2010)(Canadian Hardwood Plywood and Veneer Association, 2011)(Turakhia Overseas Pvt. Ltd., 2011)(Fibromade, 2010)(Darlington Venner Co., 2010)

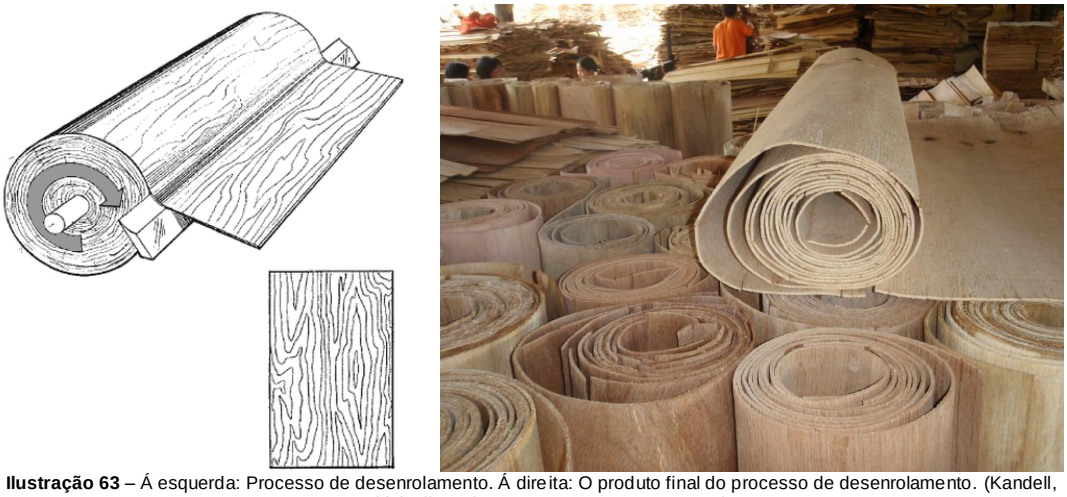


**Ilustração 63** – Á esquerda: Processo de desenrolamento. Á direita: O produto final do processo de desenrolamento. (Kandell, 2011)(Finelineasia Group Company, Inc., 2010)

No processo de laminação, os toros são cortados em lamelas, que podem ser efetuados por vários métodos, alguns dos quais são apresentados na Ilustração 64. O produto final deste processo pode ser utilizado para o fabrico de contraplacados, folheados, pisos de madeira, etc. (Furnierwerk Bühler Spankorbfabrik GmbH, 2010)(Canadian Hardwood Plywood and Veneer Association, 2011)(Turakhia Overseas Pvt. Ltd., 2011)(Fibromade, 2010)(Darlington Venner Co., 2010)

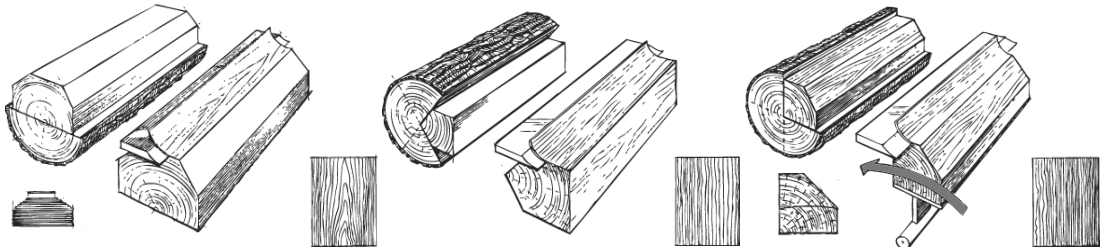


**Ilustração 64** – Métodos de laminação para a obtenção de folheado de madeira. Á Esquerda: figurada; Ao Centro: listada; Á Direita: ritf (9Wood, 2013)

### 4.2.2. CERTIFICAÇÕES FSC / PEFC

Com as crescentes preocupações ambientais e os problemas da desflorestação de certas áreas do planeta como a floresta amazónica, a conferência da ONU sobre desenvolvimento sustentável, realizada em 1992 (Conferência do Rio) lança uma ideia inovadora, a gestão e certificação sustentável da floresta. Com esta premissa é criada a Forest Stewardship Council (FSC), como uma organização não-governamental e independente criada com o apoio de empresários e organizações ambientais com o intuito de promover uma gestão ambiental socialmente benéfica e economicamente

viável para as florestas, sejam elas públicas ou privadas, naturais ou plantações[24]. (Forest Stewardship Council, [s.d.])

A FSC inicia a sua missão de promover uma consciência ambiental ao nível da fileira florestal mundial. Com isto pretende-se que toda a madeira e derivados da floresta provenham de meios sustentáveis ao nível ambiental, social e industrial. Apresenta a visão da FSC:

> Uma gestão florestal ambientalmente adequada garante que a exploração florestal, de madeira e de produtos não lenhosos, mantém a biodiversidade da floresta, a produtividade e os processos ecológicos.
> Uma gestão florestal socialmente benéfica ajuda tanto as populações locais como a sociedade em geral a aproveitar os benefícios de longo prazo, constituindo ainda um forte incentivo para a população local manter os recursos florestais e aderir aos planos de gestão de longo prazo.
> Uma gestão florestal economicamente viável significa que as operações florestais são estruturadas e geridas de forma a serem rentáveis, mas sem gerar um lucro financeiro à custa dos recursos florestais, dos ecossistemas ou das comunidades afectadas. A tensão entre a necessidade de gerar retornos financeiros adequados e os princípios das operações florestais responsáveis pode ser mitigada alocando esforços para comercializar o conjunto de todos os produtos e serviços da floresta ao seu melhor valor. (Forest Stewardship Council, [s.d.])

Em 1999 é criado o Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC). Esta organização tem os mesmo objetivos e atua na mesma área que a FSC, sendo também ela uma organização não-governamental e independente. A PEFC é criada a pensar nas pequenas produções florestais de cariz familiar que até à altura não conseguiam obter certificações através de outras entidades. A grande diferença está no "continente" de atuação, enquanto a FSC tem o seu primeiro palco de atuação na América do Norte, a PEFC foi fundada na Europa onde, teve o seu principal palco de atuação. Presentemente ambas as organizações atuam a nível mundial tendo ambas delegações em Portugal. (Programme for the Endorsement of Forest Certificacion, 2013)

[24] Entenda-se como plantações florestas plantadas com o propósito de abater as árvores ai criadas.

Atualmente, estas organizações oferecem dois tipos de certificação: a Certificação de Gestão Florestal e a Certificação de Cadeia de Custódia & Madeira (FSC) ou Cadeia de Responsabilidade (PEFC).

É de referir que uma entidade ou produto pode ser detentora de certificados de várias entidades diferentes.

#### 4.2.2.1. CERTIFICAÇÃO DE GESTÃO FLORESTAL

A Certificação de Gestão Florestal consiste na certificação da floresta que tenha por base uma gestão responsável e sustentável de modo a respeitar e obedecer a várias premissas. Estas, pretendem salvaguardar, através de uma gestão responsável, as funções económicas, ambientais e sociais da floresta, ou seja, garantir que a biodiversidade é mantida ou aumentada, mantendo ou aumentando a gama de serviços prestados pela floresta[25], ao mesmo tempo que se garantem os direitos dos povos indígenas e realizam todas as atividades dentro dos quadros legais aplicáveis adequando sempre as melhores práticas disponíveis. Na tabela 1 apresentam-se os números de certificação em Portugal e no mundo.

**Tabela 1** – Números de Certificados Florestais emitidos em Portugal e no mundo.

| | FSC | | | PEFC | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nº Certificados | Área (h) | Percentagem de cobertura em relação à área florestal existente na região | Nº Certificados | Área (h) | Percentagem de cobertura em relação à área florestal existente na região |
| Portugal | 19 | 335.476 | n/d | n/d | 234.674 | n/d |
| Europa | 495 | 78.301.663 | 43,40% | n/d | 83.943.320 | n/d |
| América do Norte | 236 | 71.777.461 | 39,78% | n/d | 151.232.835 | n/d |
| América do Sul | 240 | 13.749.486 | 7,62% | n/d | 3.545.370 | n/d |
| África | 46 | 6.149.018 | 3,41% | n/d | - | 0% |
| Ásia | 172 | 7.848.793 | 4,35% | n/d | 4.649.912 | n/d |
| Oceania | 38 | 2.597.929 | 1,44% | n/d | 10.410.287 | n/d |
| Total | 1227 | 180.424.350 | - | - | 253.781.724 | - |
| n/d - não disponível, os dados não estão disponíveis ou não foram divulgados pelas respetivas instituições | | | | | | |

**Fonte:** FSC e PEFC (Forest Stewardship Council, 2013, p. 2-6)(Programme for the Endorsement of Forest Certification, 2013, p. 2-11)

[25] Geração de alimento, biomassa, madeira e cortiça. Manter funções de regulação do ciclo da água, sequestro e armazenamento de carbono e prevenção da erosão do solo. Manter habitats de pessoas e animais selvagens.

#### 4.2.2.2. CADEIA DE CUSTÓDIA / CADEIA DE RESPONSABILIDADE

A Certificação de Custódia (FSC) ou a de Responsabilidade (PEFC) são dois tipos de certificação idênticos, simplesmente prestados por entidades diferentes que de uma forma geral pretendem certificar um produto acabado ou derivado. Esta certificação garante a rastreabilidade da matéria-prima até à sua origem e que esta é de origem certificada, seja ela florestal ou outra. Ou seja, em qualquer produto detentor deste certificado está garantida que a origem da matéria-prima provém de uma fonte certificada ou sustentável. Apresentam-se na tabela 2 os números de certificações em Portugal e no mundo.

**Tabela 2** – Número de certificados de Cadeia de Custódia/Responsabilidade emitidos em Portugal e no mundo.

| | FSC | PEFC |
|---|---|---|
| | Nº Certificados | |
| Portugal | 123 | 60 |
| Europa | 13.927 | 8.533 |
| América do Norte | 4.337 | 511 |
| América do Sul | 1.390 | 124 |
| África | 160 | 5 |
| Ásia | 6.714 | 766 |
| Oceania | 470 | 255 |
| Total | 26.998 | 10.194 |

**Fonte:** FSC e PEFC (Forest Stewardship Council, 2013)(Programme for the Endorsement of Forest Certification, 2013)

### 4.2.3. CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA

#### 4.2.3.1. FÍSICAS

No universo da botânica a madeira ou material lenhoso provem de duas divisões do reino vegetal, a gimnospérmicas[26] e as angiospérmicas[27]. Estima-se que existam cerca de 16000 espécies de madeira diferentes em todo o mundo, sendo que destas apenas 2000 são de uso comercial das quais 500 são gimnospérmicas e as restantes são angiospérmicas. As espécies gimnospérmicas são mais conhecidas como coníferas ou resinosas e as angiospérmicas por dicotiledóneas ou folhosas. As diferenças entre as resinosas e as folhosas são grandes, desde a sua aparência até à sua constituição celular. Ao nível da aparência as resinosas são árvores de folha persistente normalmente estreita e dão flores sem pétalas e os seus frutos são geralmente de forma cónica com escamas lenhosas[28]. As espécies desta família aguentam terrenos e

[26] Gimnospérma – planta com os óvulos não encerrados em ovário fechado. (Portoeditora)
[27] Angiospérmica – planta que possui óvulos encerrados em ovário. (Portoeditora)
[28] As descrições apresentadas são genéricas e em ambas as famílias existem exceções.

condições climatéricas hostis, sendo exemplo desta família o Pinheiro, o Cipreste, o Espruce e o Abeto. (Cachim, 2007, p. 46-47)

A família das folhosas têm por norma folhas planas com finas nervuras, podendo ser persistentes ou caducas, dando geralmente flores com pétalas e os seus frutos são de grande diversidade na forma, textura e cor. As espécies desta família não aguentam terrenos tão hostis quanto as resinosas. Como exemplo de folhosas temos o Carvalho, o Sobreiro, o Castanheiro, o Eucalipto e o Choupo. (Cachim, 2007, p. 46-47)

Ao nível celular a madeira proveniente das resinosas possui células mais homogéneas que a das folhosas, sendo que aproximadamente 90% do seu lenho é constituído por células que transportam seiva para a copa da árvore e as restantes células servem para armazenar substâncias de reserva. As folhosas pelo contrário têm uma grande diversidade de células pois enquanto nas resinosas as funções de suporte e de transporte são asseguradas pelo mesmo tipo de célula, nas folhosas cada uma destas funções é assegurada por um tipo de célula diferente. (Cachim, 2007, p. 46-47)

Á madeira das resinosas é designada por madeira branda (softwood) sendo que a madeira das folhosas é designada por madeira dura (hardwood). (Cachim, 2007, p. 46-47)

Devido à predominância de resinosas na Europa e na América do Norte e por terem um valor comercial inferior ao das folhosas tornam-se ideais para utilização em estruturas, ficando as folhosas para elementos decorativos e não estruturais. (Cachim, 2007, p. 46-47)

O estudo da madeira neste domínio pode ser efetuado a três níveis diferentes: ao nível macroscópico que é visível a olho nu ou com uma lupa de aumento até 10 vezes, estudo este nível que permite compreender as variações da resistência mecânica devido a alguns defeitos como os nós. (Cachim, 2007, p. 47)

Ao nível microscópico, com aumentos até 500 vezes, possibilita entender a diferença de rigidez transversal e longitudinal. A outra escala, a sub-microscópica permite entender o comportamento da retração e dilatação da madeira, sendo para esta necessários aumentos na ordem das 3000 vezes. (Cachim, 2007, p. 47)

O crescimento de uma árvore ocorre em três direções: a direção axial ou longitudinal, ocasionando o transporte da seiva desde a base até ao topo da árvore; a direção

radial onde crescem os traquéidos radiais que permitem a comunicação entre as várias camadas de células; a direção tangencial onde ocorre o crescimento diametral. (Cachim, 2007, p. 47-48)

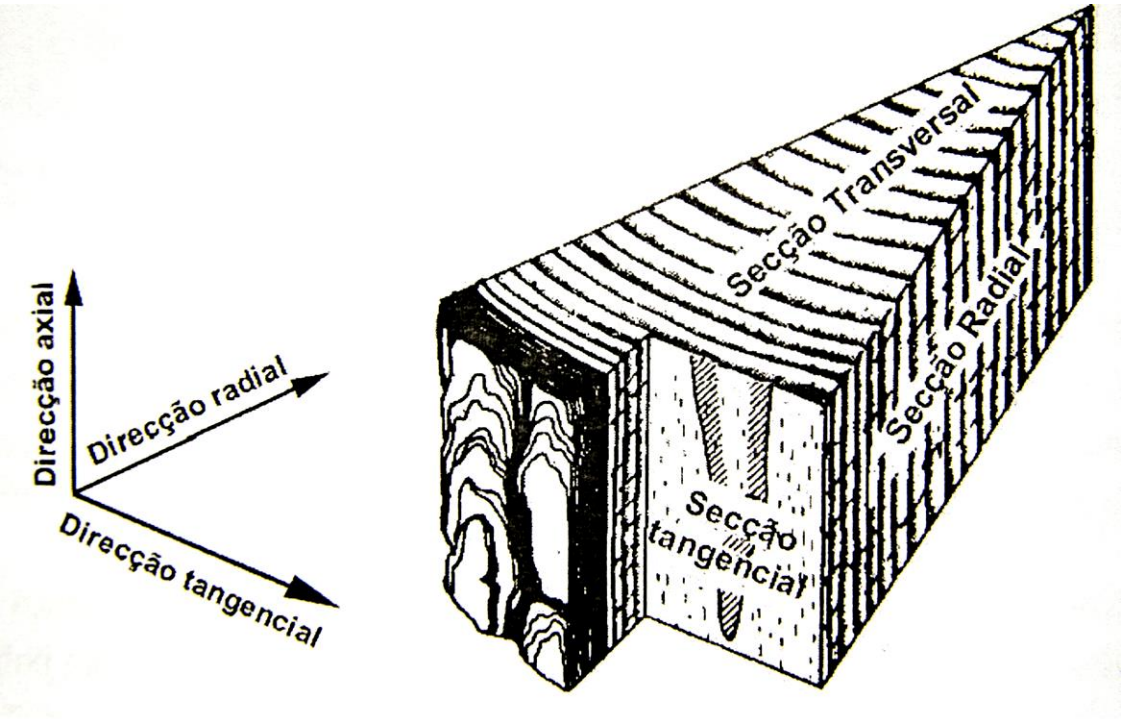



**Ilustração 65** – Principais eixos do tronco de uma árvore. (Coutinho, 1999, p. 8)

O tronco de uma árvore é constituído na sua maior parte pelo lenho onde se localizam as células que se reproduzem em maior número, sendo o restante tronco constituído pela casca que age como camada protetora ao lenho. (Cachim, 2007, p. 48-51)

O lenho é formado pela medula, o cerne e o borne, sendo a casca constituída pelo entrecasco e a ritidoma. A zona fronteiriça entre o lenho e a casca é designada por câmbio vascular. (Cachim, 2007, p. 48-51)

A medula situa-se no centro do tronco e é um tecido macio, sendo em torno deste que se desenvolvem inicialmente os novos ramos. O cerne é a zona que rodeia a medula e é constituído pelas células mais antigas da árvore, que devido à sua idade e densidade tem uma maior resistência a ataques de agentes biológicos[29]. O cerne tem como função principal sustentar o tronco da árvore, tendo também uma cor mais escura face ao borne. O cerne começa-se a formar entre os 5 e os 30 anos de idade de uma árvore, no entanto existem espécies em que o cerne só se forma a partir dos 100 anos de idade. (Cachim, 2007, p. 48-51)

[29] Insectos e fungos.

O borne é constituído pela zona compreendida entre o cerne e o câmbio vascular, este é constituído por células ativas que conduzem a seiva. O borne apresenta uma cor mais clara em relação ao cerne e está mais suscetível a ataques biológicos. (Cachim, 2007, p. 48-51)(Coutinho, 1999, p. 5-9)

O câmbio vascular é a zona de transição entre o lenho e a casca mas é também nesta zona que se dá o crescimento do lenho e da casca sendo aqui que têm origem os anéis de crescimento. (Cachim, 2007, p. 48-51)(Coutinho, 1999, p. 5-9)

A casca, conforme foi referido anteriormente, é constituída pelo entrecasco e pela ritidoma, variando a sua espessura consoante a idade e espécie em questão. A parte interna da casca designada por entrecasco é constituída por células vivas que têm como principal função o transporte e a distribuição da seiva preparada nas folhas por todo o tronco. A parte externa da casca designa-se por ritidoma e é constituída por células mortas, esta age como camada protetora ao entrecasco. (Cachim, 2007, p.48-51)(Coutinho, 1999, p. 5-9)

Os anéis de crescimento são originados pelo crescimento da árvore, dividindo-se entre os anéis de Primavera e os anéis de Outono. Os anéis de Primavera são formados durante a Primavera e o Verão, altura em que a árvore cresce com bastante rapidez face ao Outono e Inverno. Estes anéis são por norma menos densos, de maior dimensão e de cor mais clara do que os anéis de Outono. Os anéis de Outono por sua vez formam-se durante o Outono e Inverno sendo mais pequenos e densos devido à sua lenta formação e apresentam uma cor mais escura. Estes anéis de crescimento podem indicar a idade de uma árvore, no entanto em regiões tropicais ou com um clima constante e sem grandes amplitudes térmicas ao longo do ano os anéis não são perceptíveis e podem não corresponder a um ano. (Cachim, 2007, p. 49-51)(Coutinho, 1999, p. 5-9)

> A variabilidade das propriedades da madeira é proveniente de uma grande variedade de factores, começando pelo facto das árvores serem organismos vivos e como tal cada elemento ser diferente dos que o rodeiam. O grande número de espécies, a heterogeneidade e anositropia do lenho e as condições climáticas e ambientais em que determinada árvore se desenvolve são igualmente factores decisivos nas propriedades da madeira. (Cachim, 2007, p. 59)

Em termos de propriedades, genericamente a madeira está suscetível à sua higrospicidade e anisotropia, ou seja, os principais fatores que afetam a madeira são a

água e a sua estrutura celular interna, as quais afetam o seu comportamento longitudinal e transversal. É por esta razão que a madeira poder trabalhar estavelmente num ambiente com a humidade reduzida e constante. (Cachim, 2007, p. 60-67)

A madeira é afetada pela água e pela humidade, isto faz com que esta esteja constantemente a absorver e a expulsar água, do exterior para o seu interior. Existe um ponto de equilíbrio denominado por teor de água de equilíbrio e quando este estado é atingido não existe nem absorção nem expulsão de água por parte da madeira. No entanto este ponto é difícil de alcançar pois as condições atmosféricas estão em constante alteração. O teor de água é calculado de acordo com a norma portuguesa "NP614:1973 – Madeiras. Determinação do teor de água." e pela norma europeia "EN13183 – Diversos métodos para determinação de teor de água: Secagem em estufa.", com base nestes cálculos podemos obter o teor de água presente na madeira, sendo que estes valores podem ser superiores a 100%, podendo mesmo chegar aos 200%. (Cachim, 2007, p. 60-63)

A madeira começa a secar logo após o abate e a primeira água a sair chama-se água livre[30], acontecendo de forma relativamente rápida e sem recurso a estufas. Após a expulsão da água livre a madeira ficará com um teor de água na ordem dos 25 a 35%, este valor que é variável e consoante cada espécie. A este teor de água dá-se o nome de Ponto de Saturação das Fibras (PSF). A partir do PSF a madeira começa a sofrer alteração de geometria, resistência e rigidez, ou seja, abaixo deste valor a madeira pode sofrer empenos e fissuras. (Cachim, 2007, p. 60-63)

**Tabela 3** – Classificação da madeira de acordo com o seu teor de água.

| Classe | Teor de água | Comentários | |
|---|---|---|---|
| Madeira saturada | > 70 | Madeira durante longo tempo imersa em água. | |
| Madeira verde | psf - 70 | Madeira em pé ou de corte recente. | |
| Madeira semi-seca | 23 - psf | Madeira serrada em verde. Madeiras em ambientes muito húmidos e/ou frequentemente expostas à chuva | |
| Madeira seca | 18 - 23 | Madeira seca (fora de risco de alteração cromática). | Construções não cobertas ou cobertas mas muito expostas (hangares por exemplo) |
| Madeira seca ao ar | 13 - 18 | Inverno: 16 - 18<br>Primavera/Outono: 14 - 16<br>Verão: 12 - 14 | |
| Madeira dessecada | 0 - 13 | Interiores. Ambientes aquecidos. | |
| Madeira completamente seca | 0 | Estabilizada em peso a 103˚C. Não é possível de manter em condições ambientais pois a madeira absorverá água do ar. | |

**Fonte:** Cachim (2007, p. 62)

[30] Água livre – é a água presente no interior do tronco e que não tem qualquer ligação física com as células, esta circula livremente pelo interior do tronco.

A madeira deve ser sempre que possível ser trabalhada com um teor de água o mais próximo possível do teor de água de serviço[31], assim é possível minimizar alterações que possam ocorrer à madeira durante ou depois da sua instalação. É sempre aconselhável colocar a madeira no local em que vai ser aplicada por um período nunca inferior a 48h antes da sua aplicação, isto permite que a madeira aproxime o seu teor de água ao teor de água de serviço de modo a que as peças se movam livremente, permitindo assim serem ajustadas antes da sua montagem definitiva.

A retração ou dilatação da madeira só se verifica abaixo do seu PSF, esta deve ser vista com especial atenção durante a preparação e execução do projeto. No caso de dilatação da madeira pode-se por exemplo originar problemas de correspondência das peças, enquanto que na retração pode originar folgas que podem comprometer as ligações estruturais do projeto. (Cachim, 2007, p. 63-67)

As distorções ou empenos da madeira ocorrem devido à diferente reação da madeira à humidade ou secagem, ou seja, a absorção de humidade dá-se de maneira diferente nas diferentes direções da madeira. De forma geral, o movimento da madeira na direção tangencial é aproximadamente o dobro em relação à direção radial e cerca de vinte vezes superior na direção longitudinal. No entanto existem madeiras com mais ou menos tendência para empenar, pois quanto menor for a anisotropia da madeira menor será a sua tendência para empenar. Conforme a espécie de árvore e a localização do corte, assim será o tipo de empeno a que a madeira estará sujeita. (Cachim, 2007, p. 63-67)

[31] Teor de água de serviço – teor de água do local onde a madeira irá ser instalada e onde irá trabalhar.

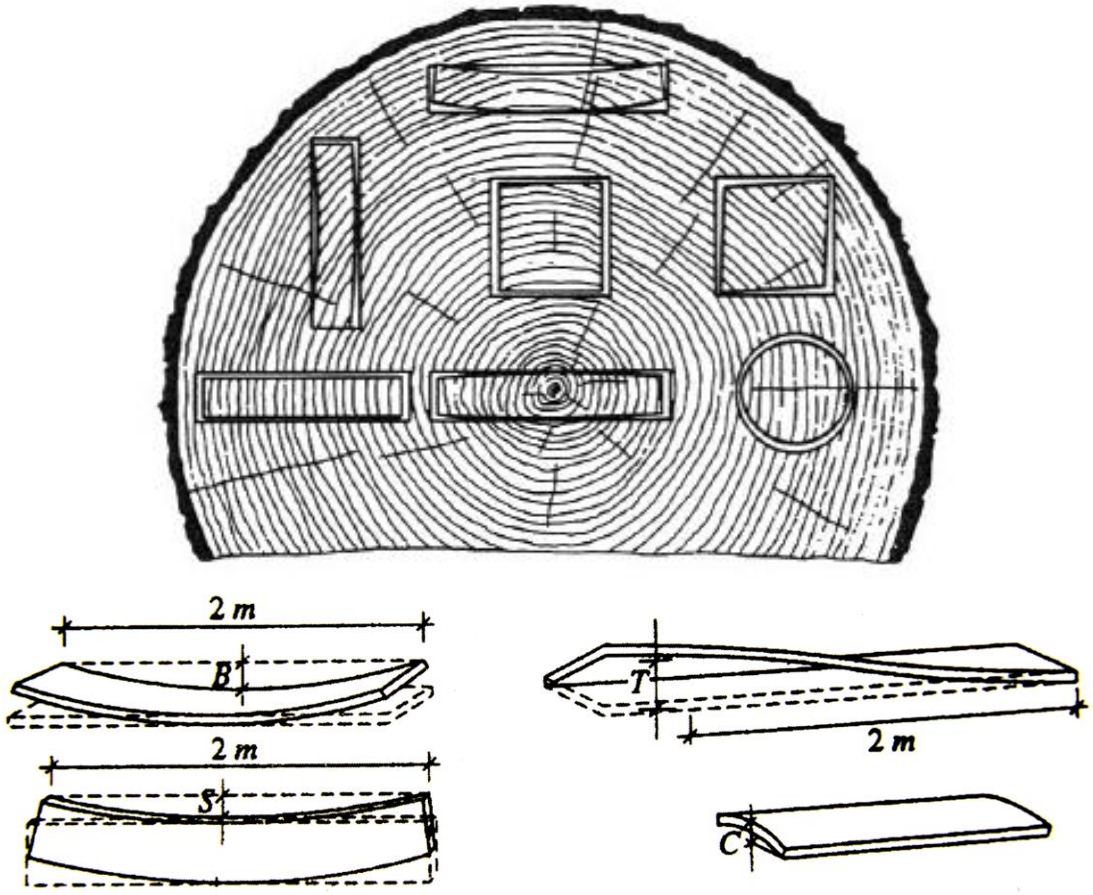



**Ilustração 66** – Em cima: Empenos devido a retracção de peças de madeira conforme a localização do seu corte. Em baixo: Alguns tipos de empenos que a madeira pode sofrer (B: Arco de face; S: Arco de canto; T: Hélice; C: Meia cana). (Cachim, 2007, p. 68)

Regra geral a madeira não sofre grandes alterações de dimensão com as alterações de temperatura, se o teor de água for de 0%, então não sofre qualquer alteração entre os -50ºC e os 50ºC. A madeira com um qualquer teor de água que não seja 0% tem tendência a aumentar de dimensão com o aumento de temperatura, no entanto, o aumento de temperatura faz diminuir o teor de água da madeira o que por outro lado conduz à diminuição da sua dimensão. Por norma a diminuição por perda de água é superior ao aumento por temperatura o que faz com que o efeito térmico seja anulado. (Cachim, 2007, p. 72)

Por outro lado a madeira devido à sua composição é um mau condutor térmico, o que faz deste material um bom isolante térmico e corta-fogo "A condutibilidade térmica é proporcional à densidade da madeira e à sua taxa de higrospicidade"(Cachim, 2007, p. 73). (Cachim, 2007, p. 73)

Isto significa que quanto maior for a densidade da madeira, maior será a sua condutibilidade térmica e vice-versa. Na tabela 4 temos alguns exemplos de diferentes

espécies de madeira e a sua condutibilidade comparadas com outros materiais de construção. (Cachim, 2007, p. 72-73)

**Tabela 4** – Condutibilidade térmica de vários materiais ($\lambda$ (W/m.K))[32].

| **Materiais** | | | **$\lambda$ (W/mK)** |
|---|---|---|---|
| Madeira | Carvalho | | 0,21 |
| | Faia | | 0,17 |
| | Balsa | | 0,05 |
| | Abeto | Logitudinal | 0,24 |
| | | Transversal | 0,15 |
| | Contraplacado | | 0,11 a 0,15 |
| | Aglomerado | | 0,11 a 0,18 |
| Aço | | | 60 |
| Betão | | | 1,8 |
| Lã de vidro/lã de rocha | | | 0,04 |
| Cerâmica de barro vermelho | | | 1,15 |
| Alumínio | | | 200 |

**Fonte:** Cachim (2007, p. 73)

A madeira devido à sua constituição é um excelente absorvente acústico, conseguindo absorver o som não o propagando. Esta absorção e dissipação dá-se através da fricção interna da sua estrutura porosa. Para a produção de painéis acústicos é utilizada uma folha de madeira na parte exterior visível do painel para absorver e dissipar o som nessa face e uma placa de material isolante acústico no interior para isolar e impedir a passagem do som para outros espaços. (Cachim, 2007, p. 72-73)

#### 4.2.3.2. PATOLOGIAS

A madeira como qualquer material proveniente de um ser vivo está sujeito a ataques biológicos, que podem colocar uma estrutura em perigo de rutura se não forem tratados atempadamente. Como material de construção a madeira é também suscetível de ataques atmosféricos que deverão ser equacionados nas fases de projeto. Todas estas patologias colocam em causa a durabilidade da madeira e por sua vez, a de todo o projeto. (Cachim, 2007, p. 137)

As patologias por ação de agentes biológicos podem-se manifestar de diferentes formas, entre elas o aparecimento de fungos, térmitas, caruncho e xilófagos marinhos.

[32] A condutividade térmica de um material é a sua capacidade de transmitir calor e é calculada através da formula $\lambda$ (W/m.K).

Os fungos de podridão manifestam-se em madeira com um teor de água superior a 20%, no entanto não atacam madeira submersa pois necessitam de oxigénio para se desenvolverem. Estes fungos causam a perda de massa e perda de resistência da madeira, no entanto, estas perdas não são diretamente proporcionais, podendo haver perda significativa de resistência da madeira sem que aja perda significativa de massa e vice-versa, o que torna esta patologia difícil de avaliar. Os problemas de fungos são resolvidos baixando a humidade da madeira e mantendo-a abaixo dos 20%, no entanto, quando tal não é possível deve ser aplicado um produto preservante da madeira. (Cachim, 2007, p. 138-139)

Por norma as resinosas atacadas por fungos apresentam uma podridão de cor castanha, as folhosas apresentam uma podridão de cor branca, sendo que ambas podem sofrer um tipo de podridão denominado podridão mole. As podridões mais comuns no nosso país são a Coniophora puteana Karst., Gloeophyllum trabeum Murrill e a Serpula lacrymans. Na ilustração 67 temos algumas imagens de exemplares de cada espécie de apodrecimento. (Cachim, 2007, p. 138-139)

**Ilustração 67** – Em cima o fungo de podridão castanha (Gloeophyllum trabeum Murril). Em baixo à esquerda um exemplo de podridão branca (Coniophora puteana Karst). Em baixo à direita um exemplo de podridão mole (Sperpula lacrymans). (Lindsey, 2007)(Huckfeldt, 2008)(Johnstone, [s.d.])(Property Repair Systems, [s.d.])

Os ataques por térmitas ocorrem geralmente a partir do solo, onde estas habitam: em Portugal a espécie mais comum é a Reticulitermes lucifugus Rossi. Esta apresenta uma cor branca e mede entre 1 a 4mm de comprimento, na ilustração 68 podemos ver o resultado de um ataque de térmitas. As térmitas são bastante sensíveis à luz solar o que as torna num atacante difícil de detetar caso o ponto de entrada não seja identificado. (Cachim, 2007, p. 142-143)

**Ilustração 68** – Á esquerda: Térmitas Reticulitermes lucifugus Rossi; Á direita: O resultado de um ataque de térmitas. (CoffeeNews, 2010)(Perry's Termite Service & Repair, 2013)

As térmitas atacam a madeira com um teor de água superior a 20%, estas alimentam-se da madeira, especialmente dos anéis de Primavera. Um ataque por térmitas pode colapsar por completo uma estrutura de madeira e em caso de ataque as secções danificadas terão de ser substituídas. Tal como acontece com os fungos, a madeira pode ser tratada com um preservante de modo a que possa resistir a um ataque de térmitas. (Cachim, 2007, p. 142-143)

Os carunchos são insectos que durante parte do seu ciclo de vida se alimentam e desenvolvem no interior da madeira. No início do seu ciclo de vida as larvas eclodem dos ovos deixados pelo insecto adulto, estas larvas irão escavar túneis e alimentar-se da madeira até à fase adulta, altura em que passam de larva a insecto e abandonam a madeira deixando para trás os seus ovos para novas infestações. Os carunchos geralmente atacam a madeira seca, podendo também, suportar e desenvolverem-se em madeira húmida. (Cachim, 2007, p. 140-142)

As espécies mais comuns presentes em Portugal são o Hylotrupes bajulus L. mais conhecido como caruncho grande, o Anobium punctatum De Geer e o Lyctus baunneus Steph.. (Cachim, 2007, p. 140-141)

O caruncho grande é provavelmente a espécie mais difundida em Portugal e apenas ataca madeira de espécies resinosas. As larvas desta espécie são de cor branca e podem chegar aos 36mm de comprimento. Os ataques deste inseto afetam em geral o borne sendo que na maioria dos casos o cerne é demasiado duro para as suas mandíbulas. Este inseto pode ser detetado pelo orifício de saída da madeira, pelo serrim e pelo ruído das larvas a comer a madeira. O caruncho grande após eclodir em inseto abre um orifício na madeira e abandona-a deixando para trás ovos que irão dar origem a novas larvas. Em inseto este caruncho pode medir entre 1 a 3cm de comprimento. (Cachim, 2007, p. 140)

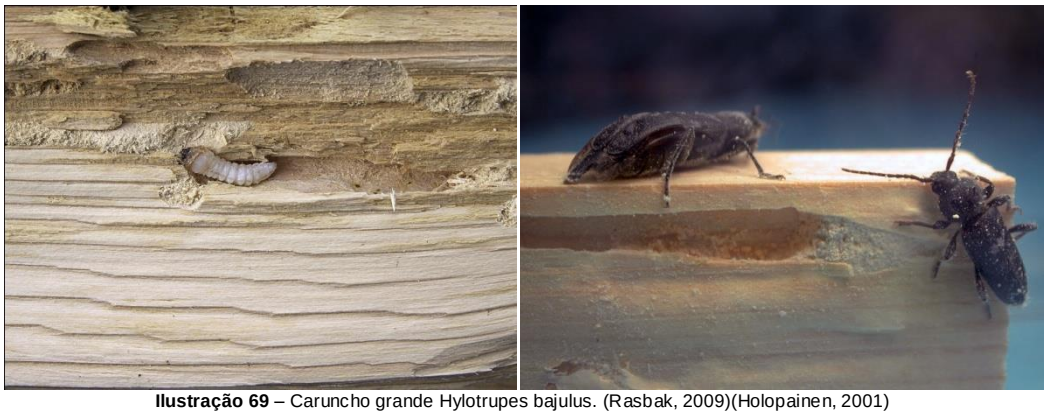


**Ilustração 69** – Caruncho grande Hylotrupes bajulus. (Rasbak, 2009)(Holopainen, 2001)

O caruncho Anobium punctatum De Geer ataca o borne de madeiras resinosas e folhosas, em larva pode chegar aos 5mm de comprimento. A deteção deste caruncho pode ser efetuada através da observação do orifício de saída e do serrim que ai se deposita. Em adulto o inseto mede entre os 2 e 5mm. (Cachim, 2007, p. 141)

**Ilustração 70** – Caruncho Anobium panctatum. (Mendonça, 2009)(Entomart Insects, 2009)

O caruncho Lyctus brunneus Steph. ataca o borne e a zona entre o borne e o cerne das madeiras folhosas. Em larva pode atingir os 6mm de comprimento e os seus

ataques podem ser detetados através dos orifícios de saída. Em adulto este inseto mede entre 3 a 7mm de comprimento. (Cachim, 2007, p. 141-142)

**Ilustração 71** – Caruncho Lyctus brunneus. (Fidelity Exterminating Company, [s.d.])(Sarefo, 2007)

Os xilófagos marinhos atacam a madeira submersa em água salgada, a zona mais afetada é a zona que sofre os movimentos das marés. Os moluscos entram na madeira em forma de larva e crescem e atacam em profundidade. Os crustáceos por sua vez atacam a madeira à superfície. (Cachim, 2007, p. 143)

**Ilustração 72** – Á esquerda: ataque xilófago a um tronco. Á direita: ataque xilófago ao casco de um barco. (Silva, 2008, p. 22)

Os agentes atmosféricos dividem-se consoante o ambiente em que se encontre a madeira assim como as consequências destes ataques. Em ambientes interiores estas ações são sobretudo de humidificação ou secagem da madeira, que podem provocar fendas e empenos nas peças de madeira, sendo que a grande preocupação deste tipo de ações será perto das ligações estruturais, pois estas ações se significativas poderão afetar a estrutura. (Cachim, 2007, p. 143-144)

Em ambientes exteriores abrigados além das ações referidas anteriormente que neste ambiente serão mais intensas, é de considerar também as ações dos raios ultravioleta.

Estes provocam uma degradação superficial na madeira que afeta sobretudo a sua cor e provoca uma fendilhação superficial. (Cachim, 2007, p. 143-144)

Em ambientes externos não abrigados, as ações anteriores são mais intensas, adicionadas da ação direta da chuva que provoca um efeito de lixivamento que deteriora a camada superficial da madeira e remove-a expondo uma nova camada, esta ação pode ser acelerada pela erosão do vento. Em média esta ação remove 6mm a cada 100 anos, variando entre espécies. (Cachim, 2007, p. 143-144)

O ataque por agentes atmosféricos não representa um grande perigo por si só, mas este tipo de ataque pode potenciar ataques biológicos como fungos de podridão. (Cachim, 2007, p. 143-144)

A durabilidade natural da madeira é a capacidade da mesma resistir a ataques biológicos sem qualquer tipo de tratamento preservante por isso é um fator a ter em conta no desenvolvimento de um projeto. A durabilidade da madeira varia de espécie para espécie, sendo que a madeira do cerne tem uma durabilidade superior à do borne. Para esta determinação existem ensaios que podem ser conduzidos de modo a determinar a durabilidade de uma madeira. Na tabela 5 apresenta-se uma tabela com as diferentes classes de durabilidade de acordo com as normas europeias "EN 350-1:1994" e "EN 350-2:1994". (Cachim, 2007, p. 152)

**Tabela 5** – Classes de durabilidade natural da madeira. ("EN 350-1:1994" e "EN 350-2:1994

| Agente de degradação | Classes de durabilidade | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fungos * | Muito durável | Durável | Moderadamente durável | Pouco durável | Não durável |
| Caruncho ** | D | S | | | |
| | Durável | Susceptível | | | |
| Térmitas *** | D | M | S | | |
| | Durável | Moderadamente durável | Susceptível | | |
| Xilófagos marinhos *** | D | M | S | | |
| | Durável | Moderadamente durável | Susceptível | | |

Notas: * válido para o cerne, o borne é sempre de classe 5 salvo se houver informação em contrário; ** a madeira do cerne é durável, salvo indicação em contrário no qual será de classe SH; *** durabilidade do cerne, o borne é susceotível para todas as espécies

**Fonte:** Cachim (2007, p. 152)

Sempre que uma madeira não possua uma durabilidade natural para o serviço a que se destina, esta terá de ser preservada através de tratamento próprio. No entanto nem todas as madeiras absorvem os tratamentos da mesma forma, esta capacidade de absorção denomina-se trabalhabilidade da madeira, na tabela 6 apresenta-se a tabela

de classes de trabalhabilidade. Esta tabela está de acordo com a norma europeia "EN 350-2:1994". (Cachim, 2007, p. 153)

**Tabela 6** – Classes de trabalhabilidade de acordo com a "EN 350-2:1994"

| Classes de durabilidade | Designação | Explicação |
|---|---|---|
| 1 | **Fácil** (permeável) | A madeira serrada pode ser tratada completamente por pressão sem dificuldade. |
| 2 | **Moderadamente fácil** (moderadamente resistente) | A penetração completa não é normalmente possível, mas após 2 a 3 horas de tratamento por pressão, mais de 6mm de penetração lateral podem ser alcançados nas resinosas e nas folhosas uma grande porção de vasos será penetrada. |
| 3 | **Difícil** (resistente) | A penetração completa não é possível, atingindo-se após 3 a 4 horas de tratamento por pressão, 3 a 6mm de penetração lateral podem ser alcançados. |
| 4 | **Extremamente difícil** (extremamente resistente) | Pequenas quantidades de produto preservador absorvido mesmo após 3 a 4 horas de tratamento por pressão que lateral quer longitudinalmente. |

**Fonte:** Cachim (2007, p. 153)

Para a utilização de madeira num projeto de arquitetura e de modo a garantir que este material tenha o melhor desempenho e durabilidade possível deverá ser tida em conta a tabela 7 que apresenta as classes de risco da madeira conforme a norma portuguesa "NP EN 335-1:1994" (Cachim, 2007, p. 153)

**Tabela 7** – Classes de risco da norma "NP EN 335-1:1994"

| Classes de risco | Definição |
|---|---|
| **Classe 1** | Situação na qual a madeira ou os derivados estão sob coberto, totalmente abrigados das intempéries e não expostos a humidificação. |
| **Classe 2** | Madeira ou derivados sob coberto, ao abrigo de intempéries mas onde uma humidade ambiente elevada pode conduzir a humidificação ocasional mas não persistente. |
| **Classe 3** | Madeira ou derivados não estão sob coberto nem em contacto com o solo, mas expostos às intempéries ou em condições de humidificação frequente. |
| **Classe 4** | Madeira ou derivados em contacto com o solo ou a água doce, portanto permanentemente expostos à humidificação. |
| **Classe 5** | Madeira ou derivados em contacto permanente com a água salgada. |

**Fonte:** Cachim (2007, p. 153)

De acordo com a norma portuguesa "NP EN 335-2:1994" existe um método simples para a determinação das classes de risco. Na tabela 8 apresenta-se o diagrama de decisão para escolher a classe de risco. (Cachim, 2007, p. 154)

**Tabela 8** – Diagrama de decisão para classes de risco de acordo com a "NP EN 335-2:1994"

| Classes de risco | Definição |
|---|---|
| **Classe 1** | O teor de água da madeira é tal que o risco de ataque por bolores superficiais, fungos de azulamento ou fungos lenhívoros é insignificante (Hmáx<20%, qualquer que seja o lado do elemento de madeira e durante toda a vida útil da peça). É possível o ataque por insectos xilófagos, incluindo as térmitas, mas a frequência e importância deste risco depende da região geográfica. |
| **Classe 2** | O teor de água da madeira excede ocasionalmente 20%, quer na totalidade quer em parte do elemento de madeira, o que permite o ataque por fungos lenhívoros. Madeiras com funções decorativas podem ser atacadas por bolores e fungos de azulamento. Risco de ataque por insectos semelhante ao da classe de serviço 1. |
| **Classe 3** | O teor de água da madeira excede frequentemente os 20%, o que permite muitas vezes o ataque por fungos lenhívoros. Madeiras com funções decorativas podem ser atacadas por bolores e fungos de azulamentro. Risco de ataque por insectos semelhante ao da classe de serviço 1. |
| **Classe 4** | O teor de água da madeira excede permanentemente 20%, o que permite o ataque por fungos lenhívoros. As térmitas podem ser um risco adicional nalgumas regiões. Além disso, zonas das peças fora do contacto directo com o solo ou com a água podem ser atacadas por carunchos. |
| **Classe 5** | O teor de água da madeira excede permanentemente 20%. O ataque por organismos marinhos invertebrados é o principal problema. Em água salgada, xilófagos marinhos como o Teredo ou Limnoria podem causar destruições importantes. As zonas de certos elementos situados fora de água, como pilares de estruturas portuárias, estão expostos ao ataque por insectos xilófagos, incluindo térmitas. |

**Fonte:** Cachim (2007, p. 154)

De modo a compreender a durabilidade necessária de acordo com a classe de risco podemos recorrer à tabela 9, esta é dada pela norma portuguesa "NP EN 460:1995". (Cachim, 2007, p. 155)

**Tabela 9** – Exigências de durabilidade em função da classe de risco de acordo com a "NP EN 460:1995"

| Classe de risco | Classe de durabilidade | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | (0) - (X) | (0) - (X) |
| 4 | 0 | 0 | (X) | X | X |
| 5 | 0 | (X) | (X) | X | X |

Notas: 0 = durabilidade natural suficiente; (0) = durabilidade natural normalmente suficiente mas para certas utilizações pode ser recomendado um tratamento preservador; (0) - (X) = a durabilidade natural pode ser suficiente mas em função da espédies de madeira, da sua permeabilidade e do seu emprego final pode justificar se a necessidade de um tratamento preservador; (X) = o tratamento preservador é normalmente recomendado mas para certas utilizações a durabilidade natural pode ser suficiente; X = o tratamento preservador é necessário

**Fonte:** Cachim (2007, p. 155)

## 4.3. A POLIVALÊNCIA DA MADEIRA NA ARQUITETURA (DERIVADOS)

Neste subcapítulo serão abordados alguns derivados da madeira e as suas possíveis aplicações, será também efetuada uma descrição do seu processo de fabrico.

### 4.3.1. PAINÉIS DE PARTÍCULAS

#### 4.3.1.1. AGLOMERADOS DE PARTÍCULAS DE MADEIRA

O aglomerado de partículas ou aglomerado de madeira como é vulgarmente conhecido, é provavelmente um dos painéis derivados da madeira mais utilizados em todo o mundo, este produto tem uma enorme possibilidade de aplicações e acabamentos que fazem dele um produto para enumeras situações. Estes painéis

estão disponíveis para aplicações interiores e exteriores. (Cachim, 2007, p. 129-131)(Martins e Vieira, 2004)(Tafisa Canada, 2009)

Este produto é produzido a partir da estilha[33] da madeira, que é obtida a partir dos toros, lascas, aparas e resíduos agrícolas resultantes do abate florestal. A estilha é triturada para obter partículas de tamanho idêntico e homogéneo, seguidamente segue-se um processo de secagem para retirar o excesso de humidade e homogeneizar a mesma. Após o processo de secagem segue-se a separação e classificação da estilha, esta é então dividida em três categorias, pedaços pequenos, pedaços médios e pedaços grandes. Os pedaços grandes são rejeitados e enviados para o início da linha de produção para serem novamente processados. A estilha que passa para o processo seguinte é misturada com uma cola especial[34], mistura esta que sai sob a forma de um tapete contínuo, sendo que as faces deste tapete são compostas pela estilha classificada como pequena e o interior pela estilha classificada como média. A este tapete é aplicada uma pré-pressão para retirar o ar existente no seu interior, seguindo-se uma prensa quente que exerce pressão sobre o tapete activando a cola e dando a espessura final ao produto.

A fase seguinte é o corte do tapete em painéis, que após o corte são colocados em repouso durante cerca de 30 minutos para diminuir a temperatura, e seguidamente são lixados para dar um acabamento suave a ambas as faces. A última fase é o corte nos tamanhos padrões utilizados pela indústria. (Cachim, 2007, p. 129-131)(Martins e Vieira, 2004)(Tafisa Canada, 2009)

Os aglomerados de partículas podem ser comercializados em cru, ou seja, sem qualquer tipo de acabamento, ou podem ser comercializados com uma grande variedade de acabamentos. (Cachim, 2007, p. 129-131)(Tafisa Canada, 2009)

Para a elaboração de projetos em que sejam utilizados aglomerados devem ser observadas as Normas Europeias em vigor para este tipo de material, conforme as classes de uso e as características das mesmas. As Normas Europeias em Vigor, são a “EN 12369-1:2011 – Wood-based panels. Characteristic values for structural design. Part 1: OSB, particleboard and fiberboard.”, “EN 312:2010 – Particleboard.

[33] Estilha – Lasca de madeira; farpa.
[34] Esta cola é por norma composta por água, resinas e endurecedores. A esta mistura podem ainda ser adicionados aditivos para aumentar e melhorar o desempenho dos painéis, como por exemplo agente hidrófugos ou agente ignífugos.

Specifications." e "EN 309:2005 – Particleboard. Definition and classification." (Cachim, 2007, p. 129-131)

**Ilustração 73** – Painéis de aglomerado de partículas de madeira. (AKÍ, 2013)

#### 4.3.1.2. PAINÉIS DE MADEIRA-CIMENTO (CEMENT BONDED PARTICLEBOARD)

Os painéis de madeira-cimento, são painéis para aplicações exteriores e interiores, que combinam as propriedades de flexibilidade da madeira com a durabilidade do cimento. Além destas características, estes painéis apresentam-se ainda como isolantes acusticamente e resistentes ao fogo, humidade, impacto, frio, fungos, insectos e microrganismos. (Cachim, 2007, p. 133)(Beton Wood, 2012)(Viroc, [s.d.])(Discovery Channel, 2012)

Os painéis de madeira cimento são compostos por aproximadamente 75% a 80% de cimento e 25% a 20% de madeira. O processo de fabrico é em tudo idêntico ao fabrico do aglomerado de partículas de madeira sendo que neste caso a cola especial é substituída por cimento. Todo o processo começa com a transformação de toros em estilha, esta é então mistura com o cimento e é feita a formação dos painéis da seguinte forma: a estilha de tamanho pequeno é aplicada às faces do painel e a estilha de tamanho médio é aplicada ao interior do painel, que são depois empilhados e comprimidos numa prensa. Após a prensagem os painéis são colocados em repouso por alguns dias e posteriormente introduzidos num túnel de endurecimento de modo a dar resistência ao cimento passando seguidamente para a secagem onde é

regularizada a humidade final dos painéis. Todo este processo demora no mínimo 7 dias. (Cachim, 2007, p. 133)(Beton Wood, 2012)(Viroc, [s.d.])(Discovery Channel, 2012)

Os painéis de madeira-cimento podem ser comercializados em bruto ou calibrados/lixados, sendo que, o painel em bruto tem uma aparência mais homogénea, enquanto que, o painel calibrado/lixado apresenta um padrão não regular de partículas de madeira que sobressaem devido à sua cor. Os painéis de madeira-cimento existem em várias cores, sendo que para a obtenção das mesmas são adicionados pigmentos de cor ao cimento durante o processo de fabrico. Como acabamento os painéis poderão ser ainda ser pintados. (Cachim, 2007, p. 133)(Beton Wood, 2012)(Viroc, [s.d.])(Discovery Channel, 2012)

**Ilustração 74** – Aspeto da face de painéis madeira cimento do tipo Viroc. (VIROC, [s.d.])

#### 4.3.1.3. OSB - ORIENTED STRAND BOARD

O OSB é um aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas, este tipo de painel é semelhante ao aglomerado de partículas de madeira, sendo que a grande diferença está no tamanho das partículas que o constituem e a sua orientação. Este tipo de painel é ideal para todo o tipo de aplicações exteriores, interiores e estruturais. (Cachim, 2007, p. 131-133)(Dieffenbacher, 2012)(Norbord, 2011)(Georgia-Pacific Wood Products, 2011)(Masisa, 2008)

O processo de fabrico do painel OSB é em tudo igual ao processo de fabrico do painel de aglomerado de madeira, sendo que a diferença reside na dimensão da estilha que o compõe, (tem entre 50 a 70mm de comprimento e de 0,5 a 20mm de largura). A

estilha é orientada nas faces do painel seguindo o comprimento e no interior é disposta de forma aleatória, isto faz com que este tenha uma enorme resistência em ambos os sentidos. (Cachim, 2007, p. 131-133)(Dieffenbacher, 2012)(Norbord, 2011)(Georgia-Pacific Wood Products, 2011)(Masisa, 2008)

Os painéis OSB podem ser comercializados em bruto ou calibrados/lixados, podem também ter acabamentos laminados ou ser pintados.

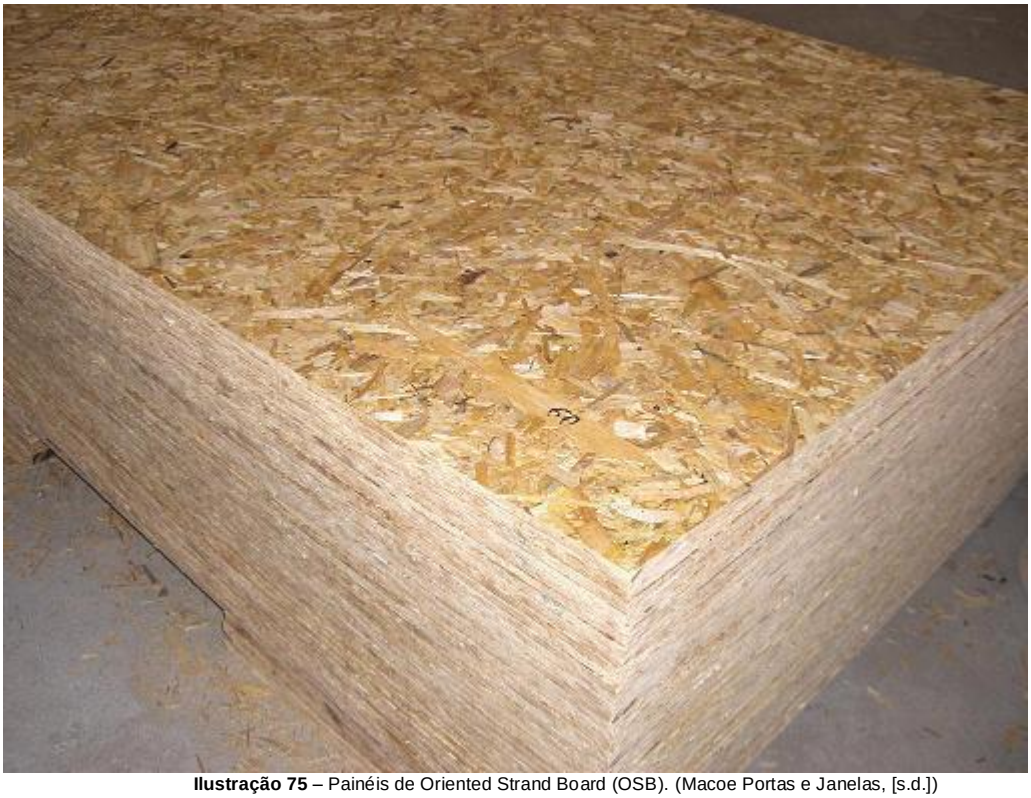


**Ilustração 75** – Painéis de Oriented Strand Board (OSB). (Macoe Portas e Janelas, [s.d.])

### 4.3.2. PAINÉIS DE FIBRAS DE MADEIRA

#### 4.3.2.1. AGLOMERADO DE FIBRAS

O aglomerado de fibras divide-se me sete tipos de painéis, estes tipos de painel distinguem-se através do seu processo de fabrico que pode ser húmido ou seco. O processo de fabrico dos aglomerados de fibras de madeira[35] é idêntico em quase todas as fases, a grande diferença reside na utilização ou não de cola para a junção das fibras. (Cachim, 2007, p. 134-135)

[35] Para a obtenção de fibras de madeira é utilizada estilha que é lavada, cozida e depois desfibrada.

#### 4.3.2.1.1. PROCESSO HÚMIDO

Os aglomerados de fibras são feitos a partir de estilha de toros de madeira que depois é processada em pasta de fibras de madeira, que forma um colchão húmido (teor de água superior a 20%). Neste processo o entrelaçar das fibras assegura a coesão e forma do painel, sendo depois seco ou prensado a quente, conforme o tipo de painel que se pretenda obter.

Se o colchão for seco é obtido um painel de aglomerado de fibras brando (SB - softboard); se o colchão for prensado a quente e dependendo da pressão aplicado pode obter-se um painel de aglomerado de fibras de madeira semiduro de baixa densidade (MBL - medium board low density), um painel aglomerado de fibras semiduro de alta densidade (MBH - medium board high density) ou um painel de aglomerado de fibras duro (HB – hardboard). (Cachim, 2007, p. 134-135)

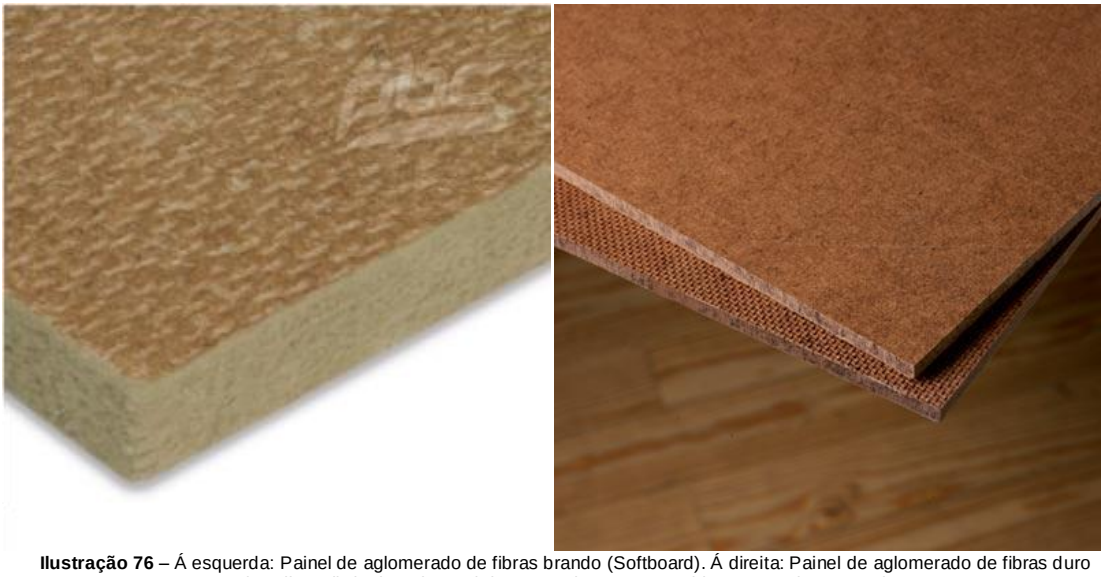


**Ilustração 76** – Á esquerda: Painel de aglomerado de fibras brando (Softboard). Á direita: Painel de aglomerado de fibras duro (Hardboard) do tipo Platex. (Plaza Board Center, 2013)(BBMC Baniyas, 2013)

#### 4.3.2.1.2. PROCESSO SECO

O processo é em tudo idêntico ao anterior, mas neste caso a pasta de fibras tem um teor de humidade inferior a 20%, neste processo é necessário adicionar cola para a formação do colchão, que depois de prensado a quente obtêm-se painéis consuante a pressão aplicada: aglomerado de fibras de média densidade (MDF – medium density fibreboard); aglomerado de fibras de média densidade leve (MDF light); aglomerado de fibras de média densidade ultraleve (MDF ultra-light); e aglomerado de fibras de alta

densidade (HDF – high density fiberboard). (Cachim, 2007, p. 134-135)(Casey Industrial, 2011)(Masisa, 2007)(MisterRolls, 2010)

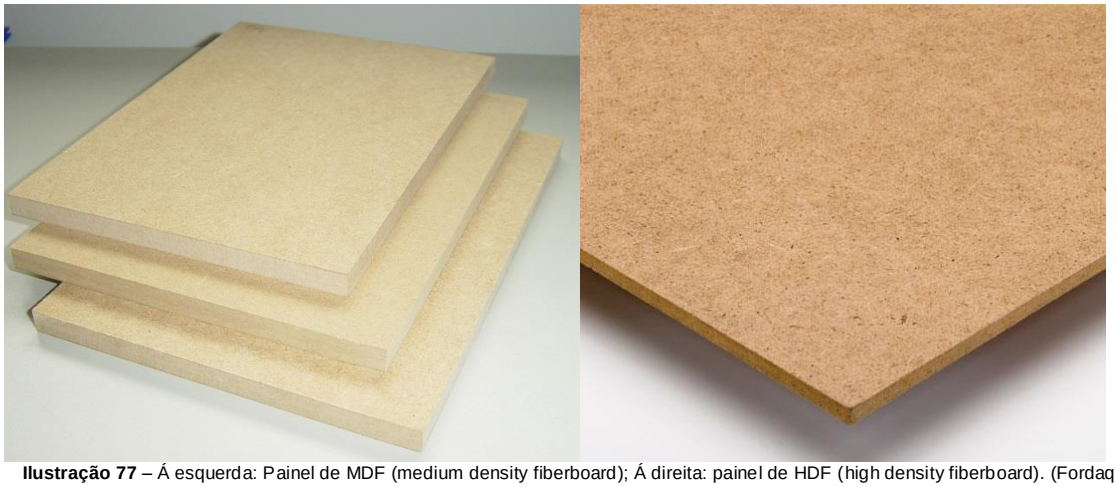


**Ilustração 77** – Á esquerda: Painel de MDF (medium density fiberboard); Á direita: painel de HDF (high density fiberboard). (Fordaq, [s.d.])(Kronospan, [s.d.])

#### 4.3.2.2. PAINÉIS DE FIBRAS DE MADEIRA-GESSO (GYPSUM-WOOD BOARD)

Os aglomerados de fibras de madeira-gesso ou painéis de gesso cartonado, como são vulgarmente conhecidos, podem conter fibras de madeira reciclada no seu interior, estas ajudam a dar consistência e rigidez aos painéis.(Discovery Channel, 2013)(Xella Dry Lining Systems, 2010, p. 5)

Para a fabricação destes painéis são preparadas fibras de madeira e misturadas com o gesso formando uma pasta, que segue depois para a formação de um painel contínuo que é introduzida entre duas folhas de papel grosso dobrado nas pontas de modo a não permitir que a pasta saia.

Seguidamente o painel passa por uma prensa que endurece a pasta e dá a espessura final ao painel. O processo seguinte é o corte em painéis de medida normalizada e a secagem, que estabiliza o painel e dá-lhe a sua rigidez e consistência final.(Discovery Channel, 2013)(Xella Dry Lining Systems, 2010, p. 5)

**Ilustração 78** – Plainéis de madeira gesso do tipo Pladur. (Techos de pladur, 2012)

### 4.3.3. CONTRAPLACADOS E MADEIRA COMPÓSITA

Neste subcapítulo serão abordados os contraplacados e a madeira compósita. Os folheados e lamelados já foram abordados no subcapítulo 4.2.1.2 – Serração e como tal já não serão abordados deste subcapítulo.

#### 4.3.3.1. CONTRAPLACADOS

Os contraplacados como o próprio nome indica são painéis compostos por várias placas de madeira folheada pelo processo de desenrolamento do toro ou por laminação que são sobrepostos perpendicularmente entre si de modo a obter uma rigidez estrutural em ambas as direções. Existem no entanto variações destes painéis, sendo uma das mais utilizadas a que inclui utilização de fasquias[36] de madeira no seu interior que é designado de contraplacado fasquiado (blockboard). (Cachim, 2007, p. 123-124)

##### 4.3.3.1.1. CONTRAPLACADO FOLHEADO

O processo de fabrico destes painéis começa com a obtenção das folhas ou lâminas de madeira conforme explicado no subcapítulo 4.2.1.2.. Após a secagem estas são depois sobrepostas perpendicularmente entre elas com cola de modo a formar o painel, por norma estas folhas têm entre 2 a 4mm de espessura. Nas faces do painel a

[36] Tira comprida e estreita de madeira = RIPA, SARRAFO. (Priberam Informática, S.A., 2013)

folha é geralmente completa, podendo as camadas interior serem constituídas pela junção de várias folhas de dimensões mais pequenas. A espessura do painel irá depender do número de camadas de folha de madeira. Após esta sobreposição de camadas, o painel segue para uma prensa a frio para retirar bolhas de ar entre as camadas e uniformizar a cola ao longo de todo o painel, segue-se a prensa quente que ativa a cola e finaliza a união das placas de madeira. O último passo é o corte à dimensão padrão e a calibração/lixagem dos painéis que ficam prontos para serem distribuídos. Este tipo de contraplacado está disponível em 3, 5, 7 ou 9 camadas. (Cachim, 2007, p. 123-124)(American Plywood Association, 2013)(Furnierwerk Bühler Spankorbfabrik GmbH, 2010)(The Home Depot, 2012)(Darlington Venner Co., 2010)(UPM - The Biofore Company, 2012)

**Ilustração 79** – Contraplacado folheado. (Portal da Madeira, 2010)

#### 4.3.3.1.2. CONTRAPLACADO FASQUIADO

A diferença deste tipo de contraplacado em relação ao anterior está nas camadas internas do painel, ou seja, em vez de estas serem compostas por folhas de madeira, são constituídas por fasquias de madeira no seu interior. No entanto o processo de fabrico é exatamente o mesmo, sendo que as folhas de madeira que irão constituir as faces do painel serão coladas aos painéis de fasquiado de madeira, este é preparado

pelo método da madeira lamelada colada que veremos descrito no subcapítulo 4.3.4.1., este painel de fasquiado irá ter as dimensões aproximadas do painel final de contraplacado, sendo deixado uma margem de segurança para corte e acerto de dimensões no final do processo. (Cachim, 2007, p. 123-124)

**Ilustração 80** – Contraplacado fasquiado. (BBMC Baniyas, 2013)

#### 4.3.3.2. MADEIRA COMPÓSITA (WPC – WOOD POLYMER COMPOSIT)

Este tipo de derivado da madeira é relativamente recente, no entanto as suas aplicações parecem não ter limites e estão ainda a ser exploradas novas aplicações para este produto. A aplicação mais comum é em exteriores, desde pavimentos a mobiliários. O processo de fabrico deste tipo de composto começa com plástico para extrusão e madeira para a produção de fibras. Tanto a madeira como o plástico têm origem em produtos reciclados e no caso da madeira poderá ser utilizada qualquer espécie. As fibras de madeira serão depois misturadas ao plástico e a outros componentes que serão depois extrudidos para um molde, podendo este ser fechado ou aberto. (EverJade WPC Decking Co.,Ltd., [s.d.])(WPC Asia, 2012)(Cincinnati Milacron, 2012)(Cincinnati Milacron, 2009)

No caso de um molde fechado, após a extrusão, a abertura do molde revela o produto final.

No caso do molde aberto o composto sai sob a forma de uma tábua de madeira contínua, esta é depois serrada de acordo com as medidas padrão. O produto final tenta de alguma forma imitar o desenho e cor da madeira, podendo no entanto ser pigmentado de várias cores. Este tipo de material tem como vantagem a resistência e durabilidade de materiais plásticos aliado às características da madeira tais como as capacidades de insonorização e isolantes. As misturas do composto podem variar de acordo com o fabricante no entanto de forma geral este produto é composto por cerca de 35% de plástico, 55% de madeira e 10% de pigmentos, endurecedores e produtos anti-UV. (EverJade WPC Decking Co.,Ltd., [s.d.])(WPC Asia, 2012)(Cincinnati Milacron, 2012)(Cincinnati Milacron, 2009)

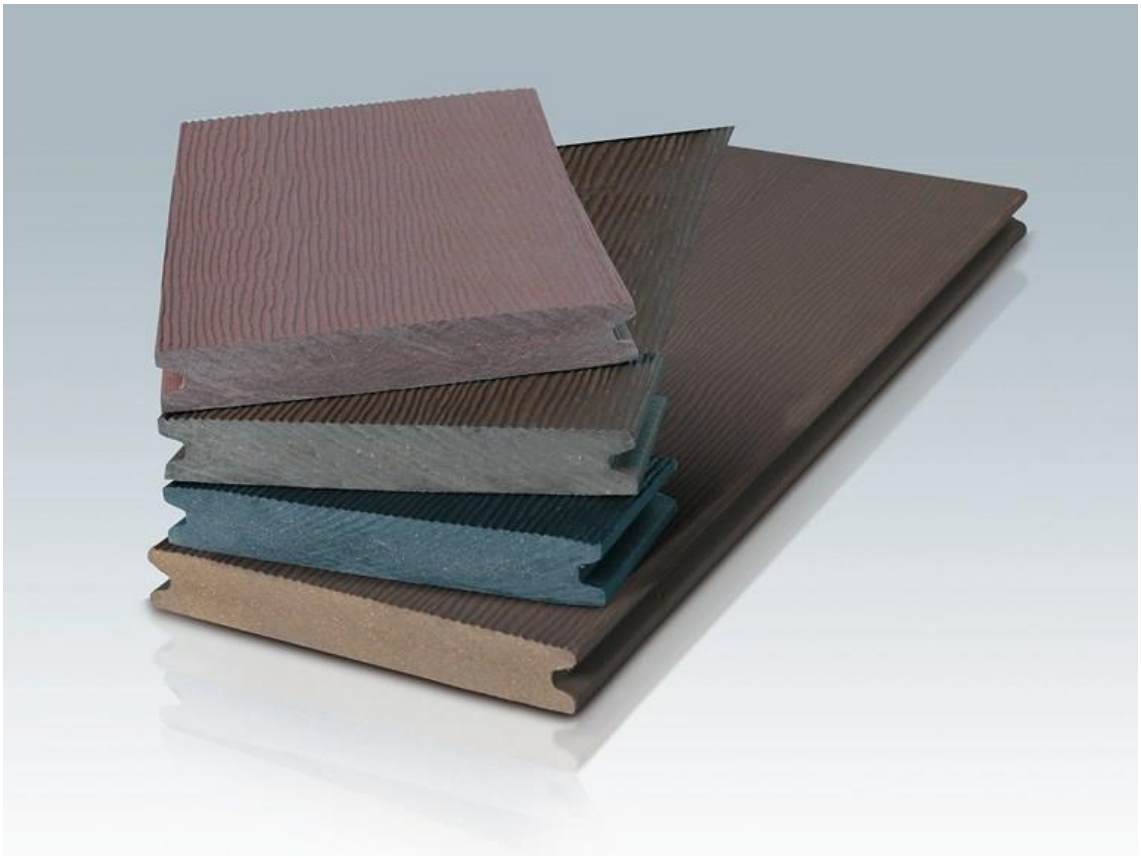


**Ilustração 81** – WPC (Wood polymer composit). (DAMIANI-HOLZ & KO, [s.d.])

### 4.3.4. CARPINTARIA PARA CONSTRUÇÃO - MADEIRA ESTRUTURAL COMPOSTA (SCL – STRUCTURAL COMPOSIT LUMBER)

#### 4.3.4.1. MLC - MADEIRA LAMELADA COLADA (GLULAM – GLUED LAMINATED TIMBER)

A madeira lamelada colada ou MLC é provavelmente a madeira mais falada e utilizada nos últimos anos em Portugal, em grande parte graças ao Pavilhão Atlântico que a

incorpora na sua estrutura. A MLC é um material que aparece devido à falta de peças de madeira maciça de grandes dimensões com qualidade estrutural. A MLC tem uma grande variedade de aplicações e pode substituir em todas as aplicações a madeira maciça. Para estruturas a MLC é composta por pranchas de madeira classificada e selecionada para fins estruturais, estas são justapostas pelos topos e coladas através do processo da junta dentada[37] (finger joint). As pranchas que constituem a MLC têm uma espessura máxima de 50mm, uma largura compreendida entre os 80 e os 120mm e um comprimento que poderá ir dos 1500mm aos 5000mm.

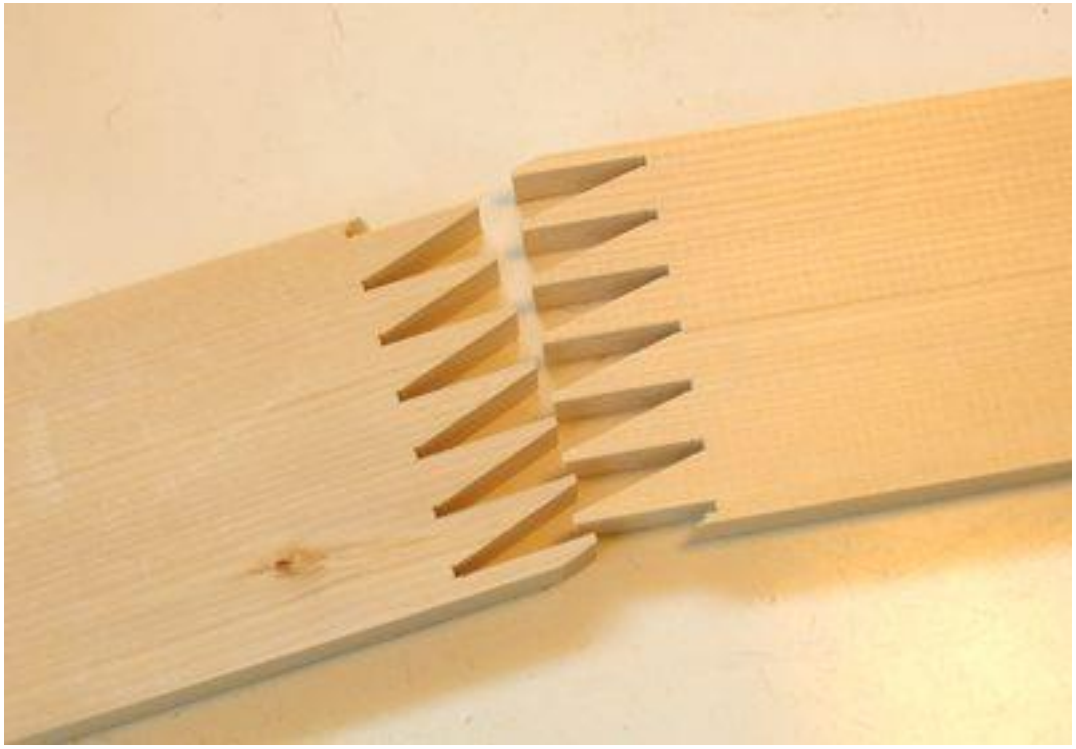


**Ilustração 82 –** Exemplo de uma junção dentada (finger joint). (Matthias, [s.d.])

Após a colagem as pranchas passam a ser designadas por lamelas de madeira. Após este processo segue-se a formação das vigas ou pilares de MLC, as lamelas são empilhadas com cola e colocadas numa prensa que irá dar a forma final à peça de MLC, a peça fica no mínimo 6 horas na prensa dependendo do tamanho. A peça pode ser linear ou curva, esta forma é dada na prensa. (Cachim, 2007, p. 120-123)(Lança, 2008, p. 5-8)(Gaspar *et al.*, [s.d.], p. 1)(Henriques, 2002, p. 2-6) (Discovery Channel, 2012)

[37] Este processo de união da madeira consiste na abertura de ranhuras em forma de pente nos topos das pranchas e posteriormente na sua junção através de colagem a quente.

O processo seguinte é o aplainamento para remover os excessos de cola e o corte e furação da peça de MLC de acordo com o projeto. A fase final é a calibragem/lixagem das peças o tratamento preservante e pintura. As peças de MLC não podem ser fabricadas com madeira pré tratada pois as colas com as quais são fabricadas não são compatíveis com os produtos de pré tratamento de madeiras. (Cachim, 2007, p. 120-123)(Lança, 2008, p. 5-8)(Gaspar *et al.*, [s.d.], p. 1)(Henriques, 2002, p. 2-6)(Discovery Channel, 2012)

A MLC é também utilizada atualmente para o fabrico de pranchas de madeira de grandes dimensões, este processo utiliza fasquias de madeira justapostas e coladas nos topos através do processo da junta dentada e depois coladas lateralmente de modo a produzir uma tábua de grandes dimensões. Este tipo de produto tem um grande número de aplicações como por exemplo o fabrico de tampos de mesas e balcões. (Cachim, 2007, p. 120-123)(Lança, 2008, p. 5-8)(Gaspar *et al.*, [s.d.], p. 1)(Henriques, 2002, p. 2-6)(Discovery Channel, 2012)

**Ilustração 83** – Madeira lamelada colada. (Imowood, 2013)

#### 4.3.4.2. MLCC - MADEIRA LAMELADA COLADA CRUZADA (CLT – CROSS LAMINATED TIMBER)

A MLCC ou madeira lamelada colada cruzada é um dos mais recentes materiais derivados da engenharia das madeiras, tendo sido a sua introdução em Portugal aprovada só em 2007 e estando ainda em estudo por parte do CEN[38] uma norma europeia para este tipo de produto. (Silva, Branco e Lourenço, 2012, p. 6-7)(Xlam Dolomiti, 2012)(Nep Slovenija, 2013)(Lourenço *et al.*, 2013, p. 49-61) (Video Maker Srl, 2012)(Waugh, Weiss e Wells, 2009)(Naturally Wood, 2011)

Este produto aparece pela necessidade de obter um material que seja tanto estrutural como de tapamento, ou seja, este material para além de servir de estrutura do edifício serve também de parede, pavimento ou cobertura.

O processo de fabrico deste produto começa com tábuas de madeira classificada para uso estrutural que são depois justapostas e coladas com o processo de junta dentada. Estas após coladas são designadas de lamelas e têm aproximadamente 3m ou 18m de comprimento, sehuindo-se o aplainamento e colagem em painéis. As lamelas de 18m são dispostas lado a lado e é aplicada a cola sobre a qual são dispostos as lamelas de 3m perpendicularmente às anteriores e é novamente aplicada cola e uma 3ª camada de lamelas de 18m conforme se pode verificar na ilustração 85. Este processo pode continuar até às 8 camadas ou 250mm de espessura. A espessura do painel varia sempre do projeto em que é aplicado, podendo este conter no seu interior isolamento térmico e acústico suplementar. Após a sobreposição das lamelas, o painel é colocado numa prensa a quente que ativa e cura a cola. Em alternativa à prensa a quente pode ser utilizado o método de vácuo que consiste na colocação do painel no interior de um saco de plástico, onde seguidamente é retirado o ar do seu interior através de vácuo, pressionando assim as lamelas umas contra as outras. Neste processo a peça demora mais tempo a secar devido à ausência de calor. Após a peça estar colada segue-se o processo de fresagem onde são abertos os vãos de janelas e portas, sendo que os roços e furações para instalações técnicas são abertos no local da montagem. Após a fresagem que por norma acontece numa máquina de CNC, a peça está pronto para ser aplicada em obra. Na ilustração 84 pode-se ver a peça acabada. Este material é produzido a partir de espécies resinosas com classificação de qualidade estrutural, sendo as espécies mais utilizadas o pinho, o abeto e o

[38] Comité Européen de Normalisation – Comité Europeu de Normatização

espruce. (Lourenço *et al.*, 2013, p. 49-61)(Silva, Branco e Lourenço, 2012, p. 5-6)(Naturally Wood, 2011)(Video Maker Srl, 2012)(Xlam Dolomiti, 2012)(Nep Slovenija, 2013)(Waugh, Weiss e Wells, 2009)

**Ilustração 84** – Á esquerda: exemplo da configuração de um painel de MLCC. Á direita: painel de MLCC acabado. (Taylor, 2003)(Brute force collaborative, 2010)

Este tipo de painel tem um grande número de aplicações e uma grande versatilidade de utilização (o edifício Standhaus analisado mais adiante como caso de estudo foi construído com recurso a estes painéis (ilustração 85)). (Lourenço *et al.*, 2013, p. 49-61)(Waugh, Weiss e Wells, 2009)

**Ilustração 85** – Imagem do edifício Stadthaus durante a sua construção. (Mazsky Enovera Group, 2013)

#### 4.3.4.3. LSL – LAMINATED STRAND LUMBER

O LSL é tal como o MLCC um material recente, este foi desenvolvida para substituir peças de madeira maciça e potenciar a utilização de espécies folhosas de crescimento rápido pouco utilizadas como o choupo por exemplo. (Cachim, 2007, p. 127-128)(Timbercreek, 2009)(LP Building Products, 2010)(Canadian Wood Council, 2013)

O processo de fabrico consiste no processamento de toros em estilha com uma espessura compreendida entre os 0,9 e os 1,3mm, uma largura de 13 a 25mm e um comprimento até 300mm. A estilha é seca e posteriormente misturada com cera e resina que servirão de cola, é então formado um colchão com 2,4m de largura e 15m de comprimento. O colchão é prensado a quente e a peça adquire a sua forma final, esta pode ser cortada de acordo com as dimensões pretendidas. Por norma estas peças podem ter até 140mm de espessura, 1200mm de largura e um comprimento máximo de 14,6m. Pode-se observar as partes do processo de fabrico e o produto final na ilustração 86. (Cachim, 2007, p. 127-128)(Canadian Wood Council, 2013)(Timbercreek, 2009)(LP Building Products, 2010)

**Ilustração 86 – Á** esquerda: ilustração das fases de fabrico do LSL. Á direita: imagem de uma ripa de LSL acabada. (Taylor, 2002, p. 10)(Dataholz, 2013)

#### 4.3.4.4. LVL – LAMINATED VENNER LUMBER

O LVL é um produto em forma de painel e muito semelhante ao contraplacado inclusive no processo de fabrico, este é tal como o contraplacado composto por folhas de madeira desenroladas a partir de toros. A grande diferença do LVL é que ao contrário do contraplacado as folhas de madeira são colocadas quase todas na mesma direção, sendo ocasionalmente colocadas folhas na perpendicular de modo a

aumentar a resistência do painel. (Cachim, 2007, p. 124-126)(Ultralam - Taleon Terra, 2010)(Canadian Wood Council, 2013)

No processo de fabrico as folhas são colocadas desfasadas nos topos produzindo assim painéis com até 20m de comprimento e 2m de largura conforme se pode observar na ilustração 87. O painel é então prensado a quente de modo a ativar a cola e a estabilizar o painel. A última fase é o corte à dimensão pretendida e o painel segue para a distribuição. (Cachim, 2007, p. 124-126)(Canadian Wood Council, 2013)(Ultralam - Taleon Terra, 2010)

**Ilustração 87** – Em cima: ilustração das fases de fabrico do LVL. Em baixo: duas imagens do produto acabado. (Taylor, 2002, p. 4)(The Green Garage, 2009)(Supplierlist, [s.d.])

#### 4.3.4.5. PSL – PARALLEL STRAND LUMBER

O PSL pode ser descrito como um produto concorrente do LSL, este é fabricado através de um processo semelhante ao do LVL, sendo que este produto foi criado para a substituição de peças de madeira maciça de grandes dimensões aproveitando madeira que não pode ser utilizada no fabrico de LVL. Este aproveitamento é feito da parte exterior dos troncos que por norma não é homogéneo e não produz folhas de madeira de dimensão suficiente para o LVL (2x2,4m). (Cachim, 2007, p. 126-127)(Canadian Wood Council, 2013)

Estas folhas irregulares ou tiras de madeira são processadas em lamelas de 3mm de espessura e seguidamente envoltas em cola. Estas são depois coladas utilizando o mesmo método do LVL, produzindo uma peça com 20m de comprimento e uma secção de 30x50cm, na ilustração 66 está esquematizado o processo de fabrico bem como o produto acabado. Após a aplicação da cola e formação da peça esta é prensada a quente e cortada em dimensões padrão, por último a peça é calibrada/lixada e está pronta para ser aplicada em obra. (Cachim, 2007, p. 126-127)(Canadian Wood Council, 2013)

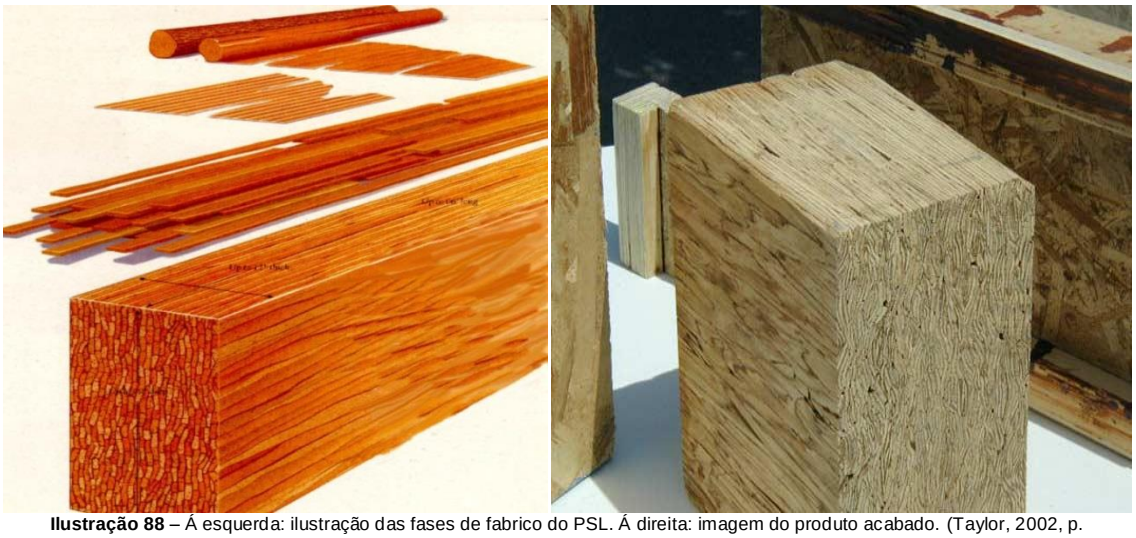


**Ilustração 88** – Á esquerda: ilustração das fases de fabrico do PSL. Á direita: imagem do produto acabado. (Taylor, 2002, p. 7)(University of Colorado, [s.d.])

#### 4.3.4.6. VIGAS I-JOIST

As vigas I-Joist são vigas em I constituídas por banzos em madeira maciça, LVL, LSL ou MLC e almas em OSB ou contraplacado. Estas foram desenvolvidas para substituir a madeira maciça pois apresentam vantagens em termos de peso/resistência, estabilidade dimensional e menos alterações das propriedades mecânicas quando

comparadas com as vigas em madeira maciça. O processo de fabrico divide-se em duas partes, o fabrico dos banzos e o fabrico das almas. (Cachim, 2007, p. 128-129)(Jones, 2011)(*ICO I-joist*, [s.d.])

Os banzos são fabricados a partir de peças de madeira, LVL, LSL ou MLC cortadas ao comprimento da viga e com uma secção de 39x38mm que pode ir até 39x89mm, sendo depois aberto um rasgo na peça em todo o seu comprimento onde irá ser introduzida a alma da viga. (Cachim, 2007, p. 128-129)(Jones, 2011)(*ICO I-joist*, [s.d.], p. 2)

As almas são fabricadas a partir de OSB ou contraplacado com uma espessura de 10mm e uma altura aproximada que varia de 146 a 346mm, sendo que uma alma é constituída por vários painéis (dependendo do comprimento da viga a fabricar) com as dimensões anteriormente descritas. Os topos das almas são chanfrados de modo a serem encaixados nos banzos. (Cachim, 2007, p. 128-129)(Jones, 2011)(*ICO I-joist*, [s.d.], p. 2)

Os banzos são colados às almas e prensados para uma junção forte e duradoura. A última fase de fabrico é o corte das vigas às dimensões padrão ou às dimensões pedidas pelo cliente. As vigas I-joist variam entre os 200 e os 400mm de altura, os 38 e os 89mm de espessura e podem ir até aos 13,5m de comprimento. (Cachim, 2007, p. 128-129)(Jones, 2011)(*ICO I-joist*, [s.d.], p. 2)

Estas vigas podem ser utilizadas tanto para pavimento como para cobertura conforme a ilustração 67, sendo possível a passagem de instalações técnicas e tubagem através das almas das vigas, no entanto esta terá de ser dimensionada de modo a não haver perda de resistência da mesma. (Cachim, 2007, p. 128-129)(Jones, 2011)(*ICO I-joist*, [s.d.], p. 2)

**Ilustração 89** – Á esquerda: imagem de uma estrutura de pavimento com vigas I-Joist. Á direita: imagem de uma cobertura com vigas I-Joist. (Ulrich, 2010)(Risley, 2010)

#### 4.3.4.7. TIJOLO DE MADEIRA

O tijolo de madeira é um produto proprietário da Steko, uma empresa Suíça e que será aqui abordado pela sua semelhança com um tijolo tradicional e ao mesmo tempo pela sua inovação em termos de produtos que aplicam ao formato tradicional de um tijolo um material não convencional neste formato, a madeira. (Machts, 2010)(Steko, 2012) (Lourenço *et al.*, 2013, p. 87-92)(Kuster, 2013)

Embora já tenha havido várias tentativas de desenvolver um tijolo fabricado a partir de madeira, a Steko foi a única empresa até hoje a apresentar e a comercializar um produto em formato de tijolo fabricado a partir de madeira. (Machts, 2010)(Steko, 2012)(Lourenço *et al.*, 2013, p. 87-92)(Kuster, 2013)

Em Portugal a Universidade do Minho através do seu Departamento de Engenharia Civil e em parceria com a Alcomate, Carpintaria e materiais de construção, Lda, desenvolveram um projeto conjunto para a criação de uma alvenaria estrutural de madeira. Esta era constituída por pequenos blocos de madeira em forma de paralelepípedo assentes da mesma forma que a alvenaria de tijolo e ligados entre si através de parafusos. No entanto os resultados dos testes revelaram não haver viabilidade para um sistema construtivo deste tipo devido aos problemas de estabilidade sísmica que apresentavam, ao tempo despendido na construção e ao custo elevado do próprio material quando comparado com materiais concorrentes. (Lourenço *et al.*, 2013, p. 75-86)

A Steko desenvolveu um tijolo de madeira, este é vendido em 4 dimensões padrão de 640x320/240x160mm, 480x320/240x160mm, 320x320/240x160mm e 160x320/240x160mm. O módulo básico de 640x320x160mm pesa aproximadamente

6.5kg e o interior dos módulos é oco podendo ser adicionado isolamento ao seu interior, esta espaço interno permite também o acondicionamento de tubagens e instalações técnicas. Os módulos têm também acessórios para rematar as paredes na base, topo e lateralmente, estes garantem uma selagem da parede e asseguram que esta seja forte e segura. Este produto pode ser utilizado tanto em paredes interiores como exteriores, sem necessidade de qualquer tipo de argamassa ou cola. Os módulos são colocados utilizando o mesmo método de uma parede de alvenaria de tijolo, estes têm encaixes do tipo macho/fêmea que impedem o movimento dos blocos uma vez posicionados. Existem módulos especiais para as esquinas do edifício assim como são fabricados módulos para ângulos diferentes de 90º. A parede é travada pelo interior com a aplicação de prumos verticais no interior dos blocos. No final a parede é travada no topo, a parede é ainda travada pelo interior através das paredes interiores e através do revestimento interior, normalmente painéis de gesso cartonado. Pelo exterior as paredes são também travadas através de perfis metálicos dispostos na vertical e por painéis exteriores. O isolamento térmico introduzido no interior dos blocos é granulado de modo a poder ser introduzido no final da construção de toda a parede. As espécies utilizadas na construção dos módulos são Espruce e Abeto. Este produto é propriedade da Steko e o processo de fabrico bem como os tratamentos efetuados aos módulos fazem parte do segredo empresarial e não são divulgados. A Steko como fabricante deste material oferece todos os cálculos necessários ao desenvolvimento dos projetos bem como todo o planeamento e esquematização da construção do edifício. É um projeto descrito pela empresa como sendo uma construção de lego para adultos. (Machts, 2010)(Steko, 2012)(Lourenço *et al.*, 2013, p. 87-92)(Kuster, 2013)

**Ilustração 90** – Em cima: imagem do tijolo de madeira da Steko. Em baixo: construção de uma habitação com recurso a tijolos Steko. (Steko, 2010, p. 1; Steko, 2012, p. 4)(Steko, 2012)

### 4.3.5. CORTIÇA

A cortiça por, definição de acordo com o dicionário de língua portuguesa é “Casca do sobreiro, do sobro e da azinheira.” (Priberam Informática, S.A., 2013). Este subproduto de facto muitas aplicações industriais, muitas delas estão ainda em estudo e desenvolvimento. A cortiça é e foi conhecida inicialmente como um vedante de garrafas, no entanto as investigações levaram-nos a compreender melhor este material e as suas potencialidades. Em 1983 a Corticeira Amorim descrevia assim a sua área de negócios:

> Os aglomerados de cortiça são cada vez mais utilizados na produção de componentes para sofisticados equipamentos, como automóveis, naves espaciais e centrais

> nucleares. Os revestimentos e parquets vivem uma época de permanente evolução técnica. (Amorim, 2013)

Embora tenham estado durante alguns anos longe das luzes da ribalta, a cortiça e os seus derivados estão a voltar ao mercado da arquitetura e construção, seja através de isolamentos, aglomerados ou revestimentos este produto aplicado direta ou indiretamente quando combinado com outros produtos tem aplicações e finalidades quase intermináveis.

Portugal através da Corticeira Amorim é líder mundial na transformação e produção de produtos de cortiça, representando 25% da produção mundial de rolhas de cortiça, 65% da produção de revestimentos, 55% da produção de aglomerados compósitos e 80% da produção de isolamentos. (Amorim, 2013)

> A cortiça do primeiro e segundo descortiçamento, sem qualidade para a fabricação de rolhas, assim como a que é extraída da base da árvore, será triturada e dará origem a outros produtos para áreas tão diversas como a construção, a aeronáutica, a moda e o *design*. (Cork, 2012)

Como se pode perceber pela citação da Corticeira Amorim, o principal produto fabricado a partir de cortiça são as rolhas para garrafas, sendo que a cortiça que não tem qualidade para este produto é utilizada para a fabricação de aglomerados de cortiça com um grande universo distinto de aplicações.

#### 4.3.5.1. GRANULADOS DE CORTIÇA

Os granulados de cortiça são fabricados a partir da cortiça ainda em placa proveniente do descasque de sobreiros que são trituradas de modo a obter um granulado, podendo ter vários calibres conforme a sua finalidade. Após a trituração este produto é seco até ser obtida a humidade desejada, e pode ser utilizado diretamente em forma de granulado ou para o fabrico de outros produtos como aglomerados. Os granulados podem ser utilizados como isolantes térmicos em paredes duplas através do preenchimento do espaço vazio deixado entre os panos de alvenaria ou na preparação de betão com a finalidade de aligeirar o seu peso. (Gil, [s.d.], p. 10)(Gil, 2012, p. 665-667)(Small Planet Workshop, 2012)(Sofalca, 2013)(*Cortiça IPAM*, 2011)(Amorim, 2013)

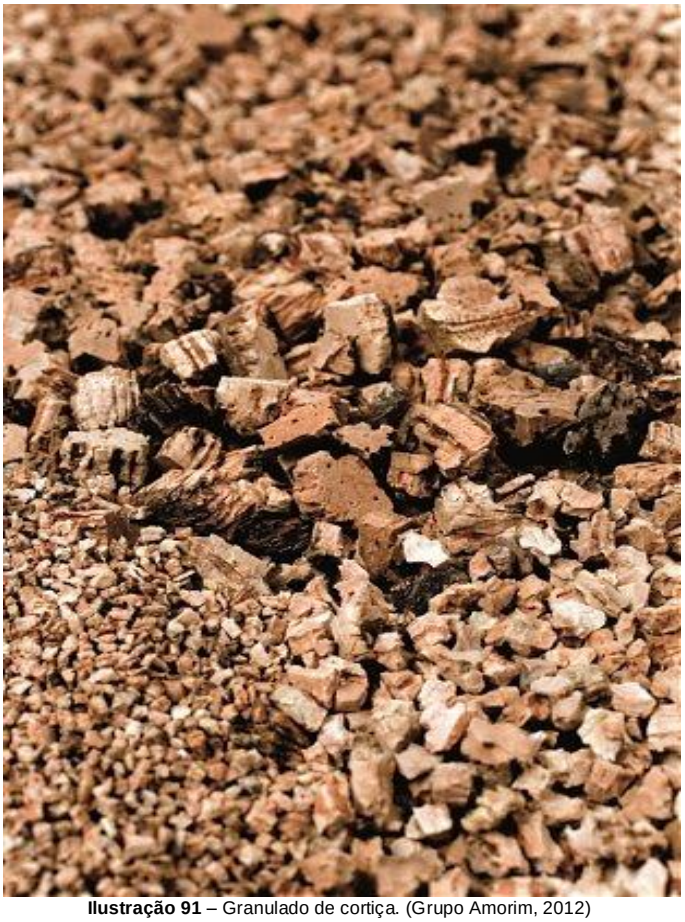


**Ilustração 91** – Granulado de cortiça. (Grupo Amorim, 2012)

#### 4.3.5.2. AGLOMERADOS COMPOSTOS

Os aglomerados compostos são fabricados a partir de granulados de cortiça selecionados de acordo com o seu calibre, e posteriormente misturados com cola. A mistura dai resultante é colocada em moldes paralelepipédicos de modo a produzir blocos podendo também serem produzidos rolos de aglomerado, para os quais são utilizados moldes cilíndricos. O processo seguinte é a prensagem e secagem após a qual os aglomerados são retirados dos moldes. Os blocos são então laminados de modo a produzir pequenas folhas de aglomerado de cortiça. Os cilindros são desenrolados, utilizando um processo semelhante ao dos toros de madeira, de modo a produzir um rolo de aglomerado. Segue-se a calibração/lixagem e o corte a dimensões padrão da indústria. Uma das utilizações deste tipo de produto é o fabrico de superfícies decorativas de cortiça, obtidas através da sobreposição de uma ou mais folhas de aglomerado que após a sua prensagem resulta numa superfície que pode ser utilizada como decorativa em pavimentos flutuantes. (Gil, [s.d.], p. 10-13)(Gil, 2012, p. 667-673)(Small Planet Workshop, 2012)(*Cortiça IPAM*, 2011)(Amorim, 2013)

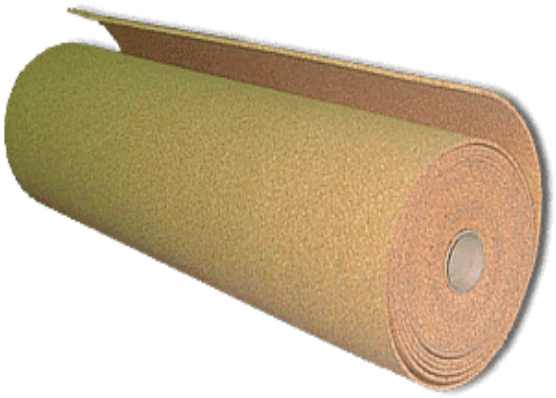


**Ilustração 92** – Á esquerda: Blocos de aglomerado de cortiça. Á direita: Rolo de aglomerado de cortiça. (JPSCork Group, [s.d.])(VP Embalagens, 2009)

#### 4.3.5.3. AGLOMERADO COM BORRACHA

O aglomerado com borracha consiste numa mistura de granulado de cortiça e borracha em pó ou em pequenas partículas misturadas com agentes de vulcanização, antioxidantes, corantes entre outros. Esta mistura é comprimida e aquecida em misturadores e passada depois para uma calandra para homogeneizar a pasta. A pasta é depois cortada e colocada em moldes que irão ser prensados, sendo o restante processo de fabrico idêntico ao do aglomerado composto. Este é um produto de grande resistência mecânica sendo que as suas principais aplicações são em juntas e pavimentos. (Gil, [s.d.], p. 14)(Small Planet Workshop, 2012)(*Cortiça IPAM*, 2011)(Amorim, 2013)

**Ilustração 93** – Á esquerda: Pavimento de cortiça para uso intensivo. Á direita: Junta de dilatação rodoviária. (Amorim Cork Composites, 2012)(Amorim Cork Composites, 2012)

#### 4.3.5.4. AGLOMERADO EXPANDIDO

O aglomerado expandido é fabrico a partir de falca, esta é um tipo de cortiça que não é utilizada pela restante indústria dos aglomerados, a falca é retirada de ramos e galhos provenientes da poda de sobreiros. Esta é transformada em granulado de vários calibres, o calibre do granulado irá resultar no tipo de aglomerado produzido, sendo que para um aglomerado acústico é utilizado granulado de 3 a 10mm e para um aglomerado térmico é utilizado grau de 5 a 22mm. Este tipo de aglomerado é fabricado através de autoclave, servindo o mesmo de molde, ou seja, o autoclave é cheio com granulado de cortiça ligeiramente comprimida e selado, é depois efetuada uma cozedura através da introdução de vapor de água sobreaquecido no autoclave. Este processo faz com que os granulados aumentem de volume no interior do autoclave, que está selado fazendo com que o granulado seja comprimido e aglutinado no seu interior. Após este processo os blocos são cortados em placas de acordos com as dimensões padrão da indústria, sendo que adicionalmente as faces das placas podem ser calibradas/lixadas. (Gil, [s.d.], p. 14-15)(Gil, 2012, p. 667-673)(Small Planet Workshop, 2012)(Sofalca, 2013)(*Cortiça IPAM*, 2011)(Amorim, 2013)

**Ilustração 94** – Á esquerda: Aglomerado de cortiça expandida. Á direita: Pavilhão de Portugal na Expo Xangai em 2010, obra do Arqº Carlos Couto que foi totalmente revestida a aglomerado expandido de cortiça. (Isocor-Aglomerados de Cortiça ACE, [s.d.])(Amorim, 2010)

## 5. CASOS DE ESTUDO

As obras identificadas como casos de estudo são: o “Pavilhão Atlântico”, em Lisboa no Parque das Nações do Arqtº. Regino Cruz em parceria com o atelier S.O.M. (Skidmore, Owings & Merrill) construído para a Expo’98. A sua seleção para o efeito como caso de estudo justifica-se devido à sua importância como obra inovadora com estrutura em madeira em Portugal e na Europa, sendo à data da sua construção o maior vão em madeira da Europa mas também por ser referenciada por vários especialistas portugueses como o ponto de viragem do uso de madeira na arquitetura

em Portugal; a “Casa Adpropeixe” do Arqtº. Carlos Castanheira em Adopropeixe, Gerês, que foi vencedora do 1º Prémio Nacional de Arquitetura em Madeira atribuído pela primeira vez em 2011; o edifício “Stadhaus”, em Londres, Inglaterra do Arqtº. Andrew Waugh localizada no cruzamento entre a Murray Grove e Cropley Street, tendo sido escolhida devida à sua importância a nível mundial, como referência da construção em altura, tendo sido até 2012 o edifício mais alto do mundo com estrutura de madeira e das potencialidades de novos materiais derivados da madeira.

Os casos de estudo serão apresentados por ordem cronológica do término da obra.

As obras aqui apresentadas foram estudadas tendo em conta o programa apresentado pelo cliente, as condicionantes do local e legislativas e a resposta dado pelo arquiteto e o seu grau de inovação.

## 5.1. PAVILHÃO ATLÂNTICO

### 5.1.1. NOTA INTRODUTÓRIA

O presente estudo foi desenvolvido antes da venda do Pavilhão Atlântico ao consórcio Arena Atlântico, após a venda do edifício este sofreu alteração de designação passando a chamar-se Meo Arena, tal como o edifício também as suas diferentes salas sofreram alterações e receberam novas designações.

### 5.1.2. O PAVILHÃO

O Pavilhão Atlântico é um edifício que praticamente dispensa apresentações, foi construído para a Exposição Internacional de Lisboa em 1998, apelidada de Expo’98, que tinha como tema “Os Oceanos, um Património para o Futuro”. Este imaginário constituía um dos pontos de partida para a inspiração de muitos autores que participaram neste projeto. O Pavilhão Atlântico, como viria a ser conhecido, nasce de uma necessidade da cidade de Lisboa de ter uma sala multiusos com grande capacidade pois, até à data, Lisboa não possuía nenhuma sala de espetáculos com capacidade superior a 4000 lugares.

Até então os grandes espetáculos musicais eram efetuados em estádios de futebol como exemplo o antigo estádio José Alvalade, o que durante a época das chuvas tornava a sua realização quase inpossível e, dada a natureza do recinto tornava difícil

a organização deixando mazelas no recinto construído para outros usos. A Expo'98 vem oferecer uma ótima oportunidade para colmatar esta falha na cidade, pois vinha viabilizar a construção de um edifício de raiz pensado e projetado para albergar grandes eventos desportivos *indoor* e espetáculos. No entanto, e estando inserido na Expo'98, o Pavilhão tinha certas restrições a cumprir, isto é, teria de ser sustentável e tecnologicamente avançado de modo a albergar os mais modernos sistemas de espetáculos com transmissões televisivas e simultaneamente teria de ser energeticamente eficiente, mas também comercialmente rentável e cativador do público. (Lisbon International Exposition Commission, Parque Expo 98 e Expo '98, 1998, p. 21)(Barcelos, 2013)

Inicialmente estava previsto que o edifício só devia estar acabado internamente após o final da exposição, servindo durante a mesma como suporte para adereços dos espetáculos que decorriam durante o evento. Porém, dada a singularidade e inovação do projeto foi decidido que este teria de ser terminado a tempo para a exposição. (Lisbon International Exposition Commission, Parque Expo 98 e Expo '98, 1998, p. 21)

**Ilustração 95** – Vista exterior do Pavilhão Atlântico. (Ilustração nossa, 2013)

Este projeto tinha uma série de requisitos a cumprir, de entre eles, a propriedade de permitir que a montagem e desmontagem dos eventos fosse efetuada num reduzido espaço de tempo. A estrutura da cobertura teria de ser capaz de suportar pesos adicionais resultantes da instalação temporária de equipamentos e acessórios aos espetáculos, assegurando sempre a segurança e conforto do público. A originalidade do projeto de arquitetura e dos materiais empregues eram dados programáticos, incluindo uma boa eficiência energética (os consumos energéticos teriam de ser 50% inferiores aos de edifícios tradicionais idênticos com o mesmo fim). (Lisbon International Exposition Commission, Parque Expo 98 e Expo '98, 1998, p. 21)(Regino Cruz Arquitectos, 2009, p. 1-3)(Reus, 2000, p. 15)

O local não oferecia grandes dificuldades visto que o edifício seria implantado numa zona mais ou menos plana e construída de raiz, não existindo por isso grandes condicionantes.

Após a atribuição a Portugal da organização da Exposição Internacional a realizar em 1998, o atelier do Arquiteto Regino Cruz inicia uma pesquisa por parceiros internacionais para realizar alguns concursos para projetos que fariam parte da Expo'98. O atelier Regino Cruz Arquitetos forma então uma parceria com o atelier Skidmore, Owings & Merrill (SOM) e em Outubro de 1994 são informados que tinham ganho o concurso para o então denominado Pavilhão da Utopia. (Reus, 2000, p. 10)

Como ponto de partida para um conceito sólido, o consórcio Regino Cruz/SOM, utilizou o tema da exposição, "Os oceanos, um património para o futuro." A partir deste ponto e com a comemoração dos descobrimentos portugueses como tema principal da exposição, este torna-se a principal fonte de inspiração. Com o mote das caravelas portuguesas que deram novos mundos ao mundo, nasce a espinha dorsal deste projeto, um esqueleto de madeira representativo de uma quilha de uma caravela portuguesa, este irá ficar invertido e será a estrutura principal do edifício e suportará toda a cobertura. Para a forma exterior do Pavilhão[39] o consórcio inspirou-se num habitante dos oceanos, um fóssil vivo com 200 milhões de anos de existência, o Caranguejo Ferradura. (Reus, 2000, p. 13)

O resultado deste projeto foi o Pavilhão Atlântico, um projeto que se prende com a temática da exposição e assim ficará eternamente vincada quer na estrutura quer na aparência do edifício.

Já durante uma fase avançada do projeto é imposto um novo requisito, o Pavilhão deverá conter duas salas para espetáculos e eventos em vez de uma como pedido inicialmente. (Barcelos, 2013)

[39] "Desenvolvemos o conceito inicial sob o título 'O mote e o mito'. O mote relativo aos oceanos, conciliava-se com o mito inerente aos descobrimentos quinhentistas" (Reus, 2000, p. 13)
"A ideia de uma forma zoomórfica como um ser marinho numa escultura; a ideia de uma estrutura, como se de uma barca do Tejo se tratasse; a ideia de uma matéria-prima, a madeira, como material de destaque na história de Portugal."(Regino Cruz Arquitectos, 2009, p. 1)
"Como se se olhasse o interior de uma nave gigante, de quilha virada para o céu, aparece o espaço soberto do Pavilhão Atlântico."(Regino Cruz Arquitectos, 2009, p. 1)

Após a exposição foi também adicionada uma nova zona ao edifício denominada Centro de Negócios, que serviria para a realização de eventos corporativos com a possibilidade de subdividir o espaço consoante as necessidades. (Barcelos, 2013)

Assim o edifício atual divide-se nas seguintes zonas: Sala Atlântico, Sala Tejo, Centro de Negócios e Zona Administrativa. (Regino Cruz Arquitectos, 2013)

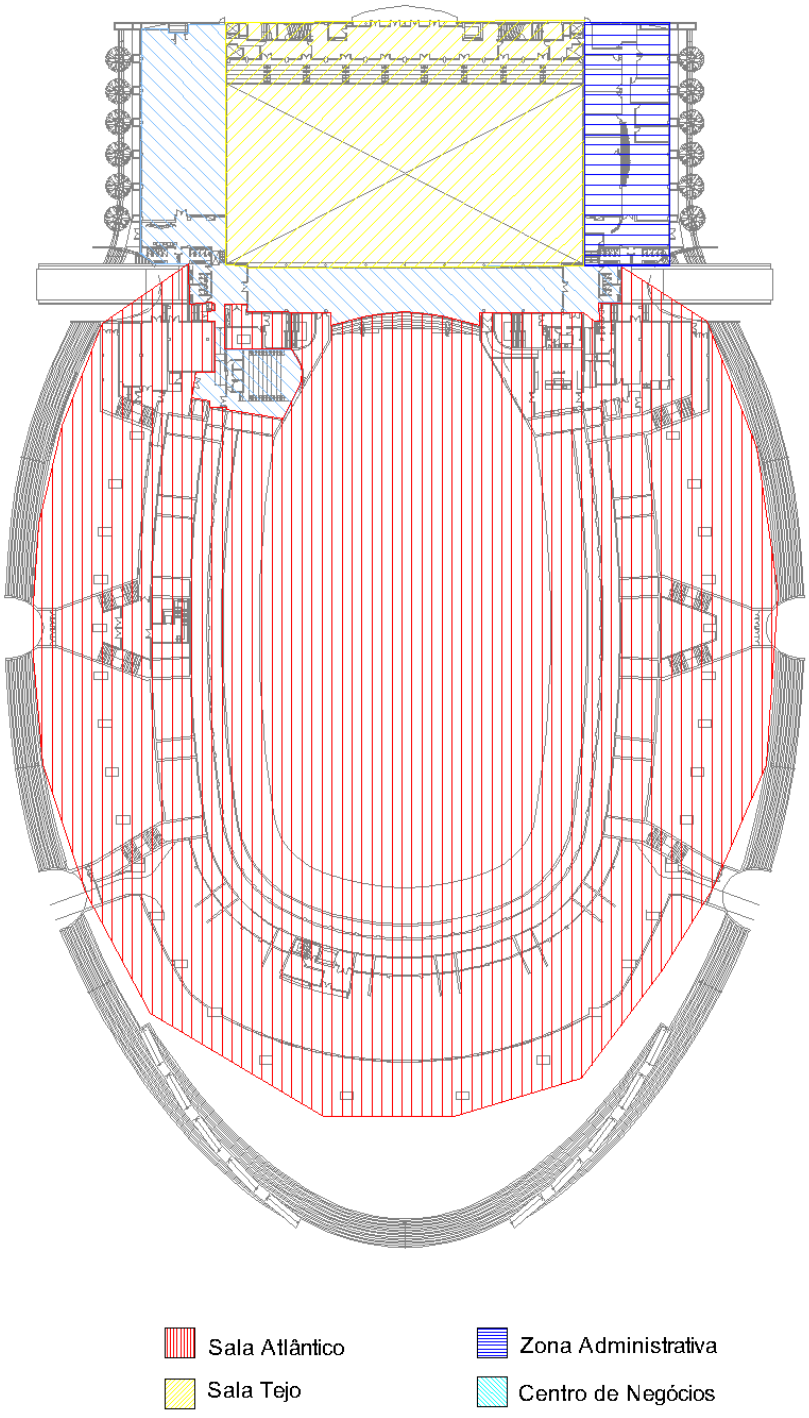



**Ilustração 96** – Planta das diferentes zonas do Pavilhão Atlântico. (Regino Cruz Arquitectos, 2013)

Inicialmente o edifício tinha uma orientação norte-sul, estando a entrada principal virada para o Oceanário. Mais tarde a equipa de arquitetos optou por rodar o edifício 90º ficando com a entrada virada para a Gare do Oriente e recebendo quem chega por esta entrada. (Reus, 2000, p. 19)

A Sala Atlântico é a principal área do Pavilhão, e tem uma capacidade máxima para 20000 espectadores com a ocupação da arena. As bancadas fixas têm lugar para 8000 espectadores sentados e ao nível da arena as bancadas telescópicas contêm mais 3000 lugares sentados. Existem ainda 30 camarotes com uma capacidade de 300 lugares sentados. A arena tem uma área de 6206m² e um pé direito de 36m. (Barcelos, 2013)(Regino Cruz Arquitectos, 2013)

**Ilustração 97** – Vista do interior da Sala Atlântico. (Ilustração nossa, 2013)

A Sala Tejo por sua vez é uma sala mais pequena com uma capacidade de 3000 espectadores. Destes 500 são sentados nas bancadas e os restantes 2500 na arena. A arena tem uma área de 2235m². (Barcelos, 2013)(Regino Cruz Arquitectos, 2013)

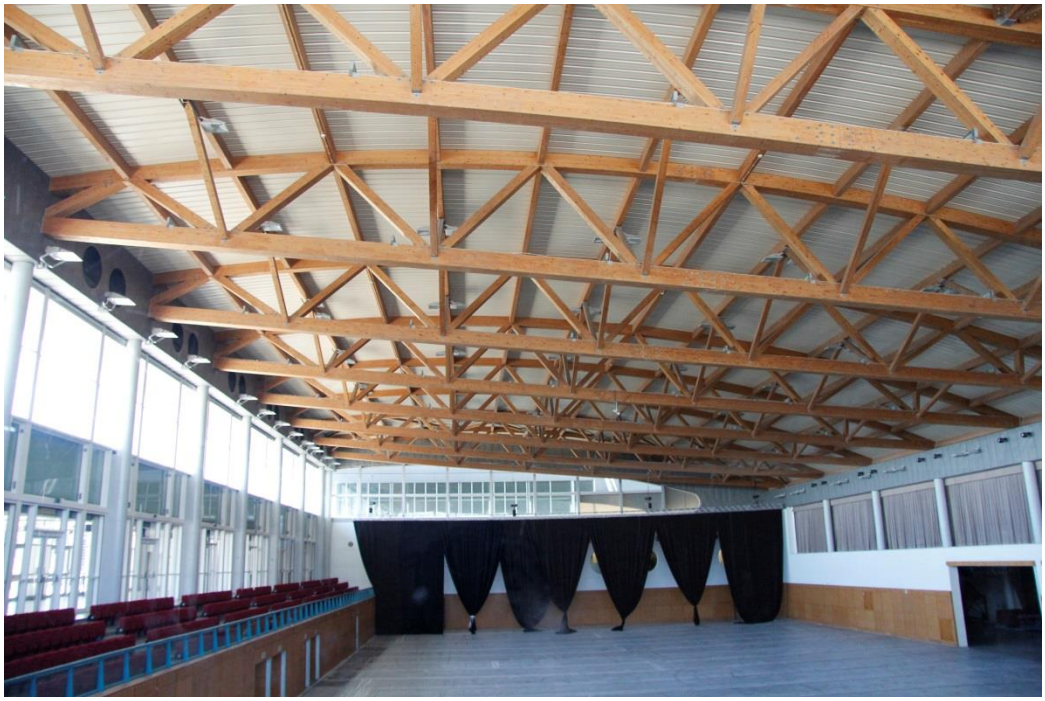


**Ilustração 98** – Vistas interiores da Sala Tejo. (Ilustração nossa, 2013)

O Centro de Negócios fica localizado a Norte da Sala Tejo, e é composto por um *open space* de 600m² com a possibilidade de ser compartimentado em 11 salas individuais. Existe ai ainda um Auditório e várias zonas de apoio que incluem uma zona para serviço de catering, uma zona multiusos e as respetivas instalações sanitárias. (Barcelos, 2013)(Regino Cruz Arquitectos, 2013)

A Sul da Sala Tejo fica a Zona Administrativa que contém os gabinetes administrativos da Atlântico, S.A., entidade gestora do Pavilhão Atlântico. (Barcelos, 2013)(Regino Cruz Arquitectos, 2013)

A arena principal do Pavilhão está enterrada de modo a diminuir a dimensão do edifício e a aligeirar a sua presença tornando o skyline mais homogéneo. (Reus, 2000, p. 26)

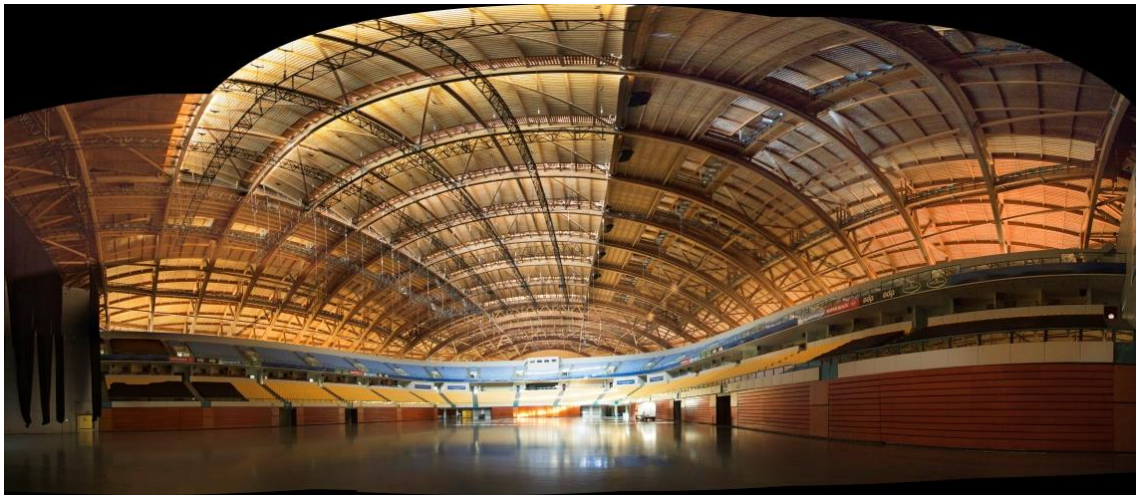


**Ilustração 99** – Vista interior da Sala Atlântico. (Ilustração nossa, 2013)

No seu interior a grande Sala Atlântico é constituída por 16 costelas de madeira que suportam toda a cobertura, a maior das quais vence um vão de 114m, à data o maior vão de madeira da Europa. Estas costelas transversais são travadas por duas espinhas longitudinais paralelas com um comprimento de 150m. Esta estrutura de madeira está assente numa de betão de modo a uma melhor distribuição de cargas ao solo. A estrutura de betão assegura também que a estrutura de madeira está elevada e a salvo de contacto com o solo. (Regino Cruz Arquitectos, 2013)

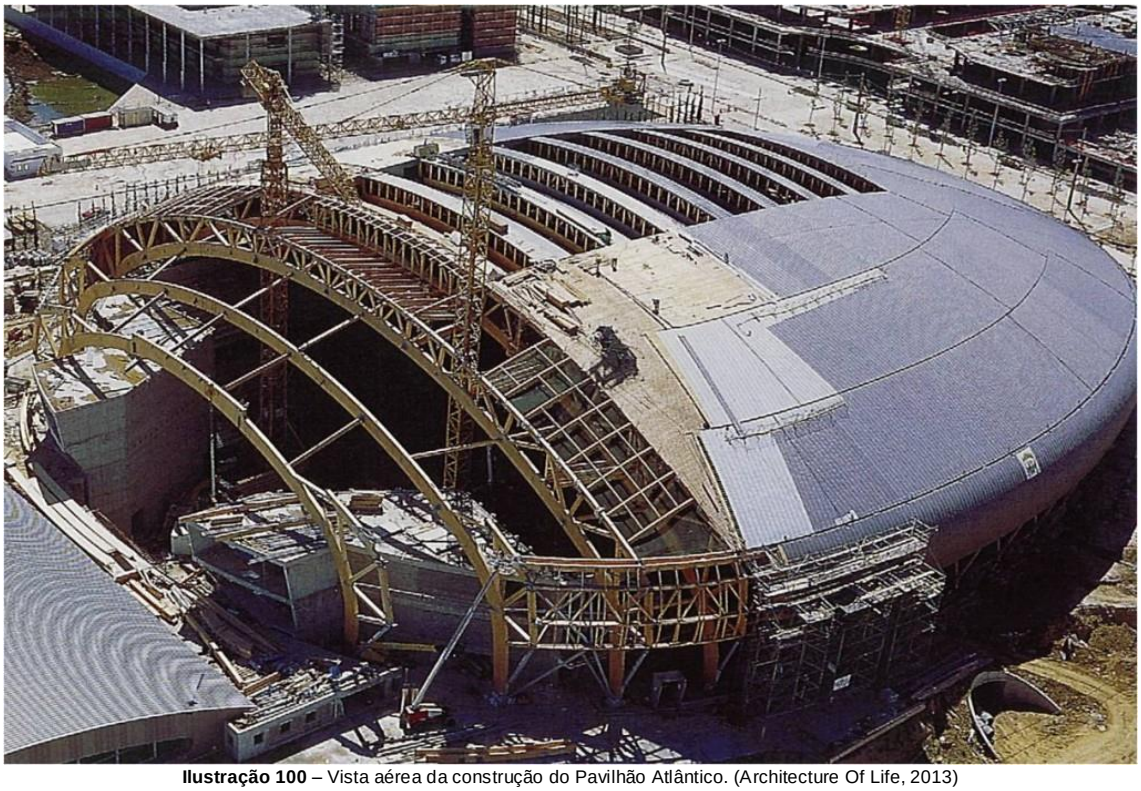


**Ilustração 100** – Vista aérea da construção do Pavilhão Atlântico. (Architecture Of Life, 2013)

No Pavilhão Atlântico todas as paredes fixas são construídas em betão ou alvenaria de tijolo, sendo que a madeira lamelada colada só está presente nas asnas das coberturas da Sala Atlântico e da Sala Tejo, que dada a sua imponência despertam a atenção do visitante. As espinhas e as costelas da Sala Atlântico suportam, como já foi referido, a cobertura que é revestida por um painel sandwich assemblado no local. Este painel é composto do interior para o exterior por um ripado de madeira, uma folha de alumínio, uma camada de isolamento de lã de rocha, novamente uma folhas de alumínio, e um ripado de madeira onde assenta por sua vez as telhas de zinco que constituem todo o telhado do Pavilhão. (Regino Cruz Arquitectos, 2013)

**Ilustração 101 –** Vista de uma das espinhas do Pavilhão Atlântico. (Ilustração nossa, 2013)

## 5.2. CASA ADPROPEIXE

A casa em Adpropeixe foi o projeto vencedor da primeira edição do Prémio Nacional de Arquitetura de Madeira, que teve a sua primeira edição em 2011, e foi uma iniciativa do Comité Português para o Ano Internacional das Florestas 2011, organizado pela AFN – Autoridade Florestal Nacional, pela OA – Ordem dos Arquitetos e pelo Centro PINUS. Este prémio teve a concurso 32 obras, das quais 20 foram selecionadas para a final, tendo a casa em Adpropeixe do Arqtº Carlos Castanheira sido eleita como a vencedora. "… a integreção da madeira de modo criativo e inovador, exprimindo simultaneamente uma qualidade estética e funcional plena de conforto." (Comissão Organizadora do PNAM, 2011, p. 14)(Comissão Organizadora do PNAM, 2011, p. 5)

O júri era composto por 5 membros, sendo eles: Arqtº Pedro Bandeira em representação da comissão organizadora, Arqtº Rui Gomes Alexandre em representação da OA Região Sul, Arqtº José Fernando Gonçalves OA Região Norte, Engª Helena Cruz em representação do LNEC e Engº Ricardo Sá em representação da Sonae Indústria. (Comissão Organizadora do PNAM, 2011, p. 15)

Este projeto chega ao atelier do Arqtº Carlos Castanheira porque o cliente convida-o para o concurso da elaboração de uma habitação de férias nas margens da albufeira do rio Cávado inserida no Parque Nacional da Penada Gerês, esclarecendo que para o concurso foram selecionados 3 arquitetos. (Castanheira, 2013)

O cliente, um apaixonado por barcos entrega um "briefing" com as suas pretensões para a habitação e um conceito genérico, uma imagem de um barco ancorado junto a uma casa de madeira, em que a garagem é para o barco e não para o carro, e a habitação teria de ser de madeira. Outra imposição foi da empresa responsável pelo fabrico e construção da habitação. O arquiteto nunca tinha trabalhado com esta empresa e esta também nunca tinha executado nenhum projeto desta natureza o que levou a que houve-se algumas preocupações de ambas as partes em termos de interpretação e execução das peças desenhadas. O facto de este projeto estar inserido no Parque Nacional Peneda Gerês acarreta consigo uma série de restrições, nomeadamente o facto do lote de terreno, com cerca de 14.500m², estar junto à albufeira do Cávado. (Castanheira, 2013)

Estas condicionantes fixam a área útil máxima de uma habitação no Parque Nacional Peneda Gerês em 200m², ficando a proximidade com a albufeira limitada pelo seu leito de cheia (50m acima da linha de água). A juntar a todas estas condicionantes, a utilização de um lote de terreno bastante ingreme, inserido numa zona agroflorestal de interesse cénico e paisagístico, com difíceis acessos terrestres, não facilitaram o trabalho da equipe do atelier Castanheira+Bastai Arquitectos. No entanto existia no lote um antigo campo de Ténis com cerca de 800m² de impermeabilização do solo (ver na ilustração 102), o que facilitou de alguma forma a localização da habitação. Este local é praticamente o único local plano presente no lote, não tem no entanto qualquer vista por estar completamente cercado de árvores devido aos longos anos de abandono do campo. “Mais fácil de chegar por barco do que por terra ou monte, o local é único e única teria que ser a resposta à encomenda, específica: uma casa de madeira.” (Castanheira, 2010, p. 100)(Castanheira, 2013)(Castanheira, 2011)

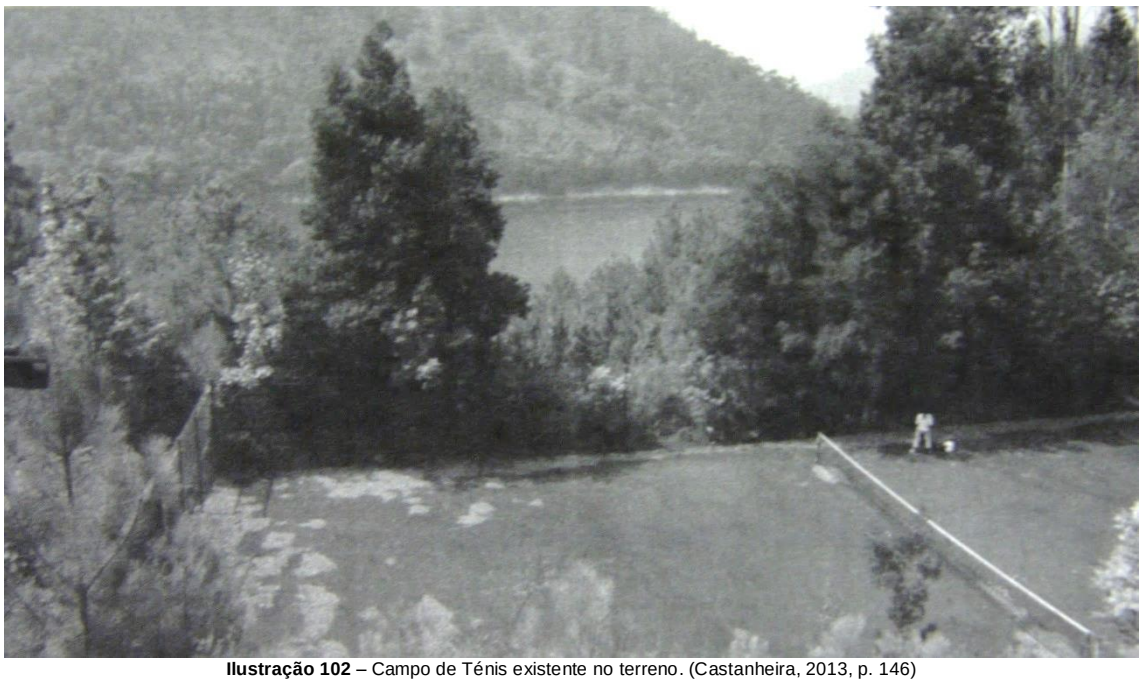


**Ilustração 102** – Campo de Ténis existente no terreno. (Castanheira, 2013, p. 146)

O atelier Castanheira+Bastai Arquitetos é o vencedor deste concurso privado com uma proposta que poderia ser considerada por alguns de invulgar devido à estrutura assente sobre estacas pela qual o arquiteto optou. Esta opção ocorre devido às condicionantes de interesse cénico e paisagístico em que o lote se insere.

A habitação, como já foi referido foi implantada no local do antigo campo de Ténis, tendo no entanto o betão que constituía a área impermeável do campo sido removido. Esta parte elevada deixa um vazio na parte inferior da habitação (ilustrações 103 e

104), que serve de ponto de chegada às viaturas e, também dá acesso à habitação a quem chega de carro ou de barco, estando virada a Sul. O acesso completa-se através de um passadiço que percorre o comprimento de toda a habitação e que permite um piso técnico que forma o piso 1 da habitação (ilustração 105). No final do passadiço existem umas escadas que dão acesso ao piso 2 da habitação, que é o piso habitável. Existe ainda uma entrada virada a Norte que recebe as visitas a partir de uma ponte que se liga a um pequeno deck no piso 3 e a uma escadaria que dá acesso ao piso 2. Ambas as escadarias se encontram na entrada principal da habitação. (Castanheira, 2010)(Castanheira, 2011)(Castanheira, 2013)

**Ilustração 103** – Zona inferior (Guerra, Castanheira, 2011, p.113)

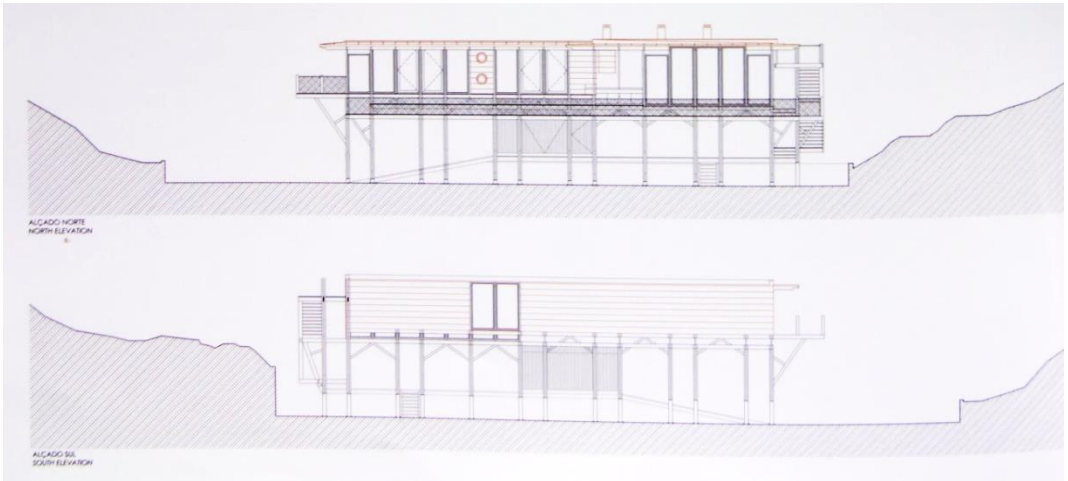
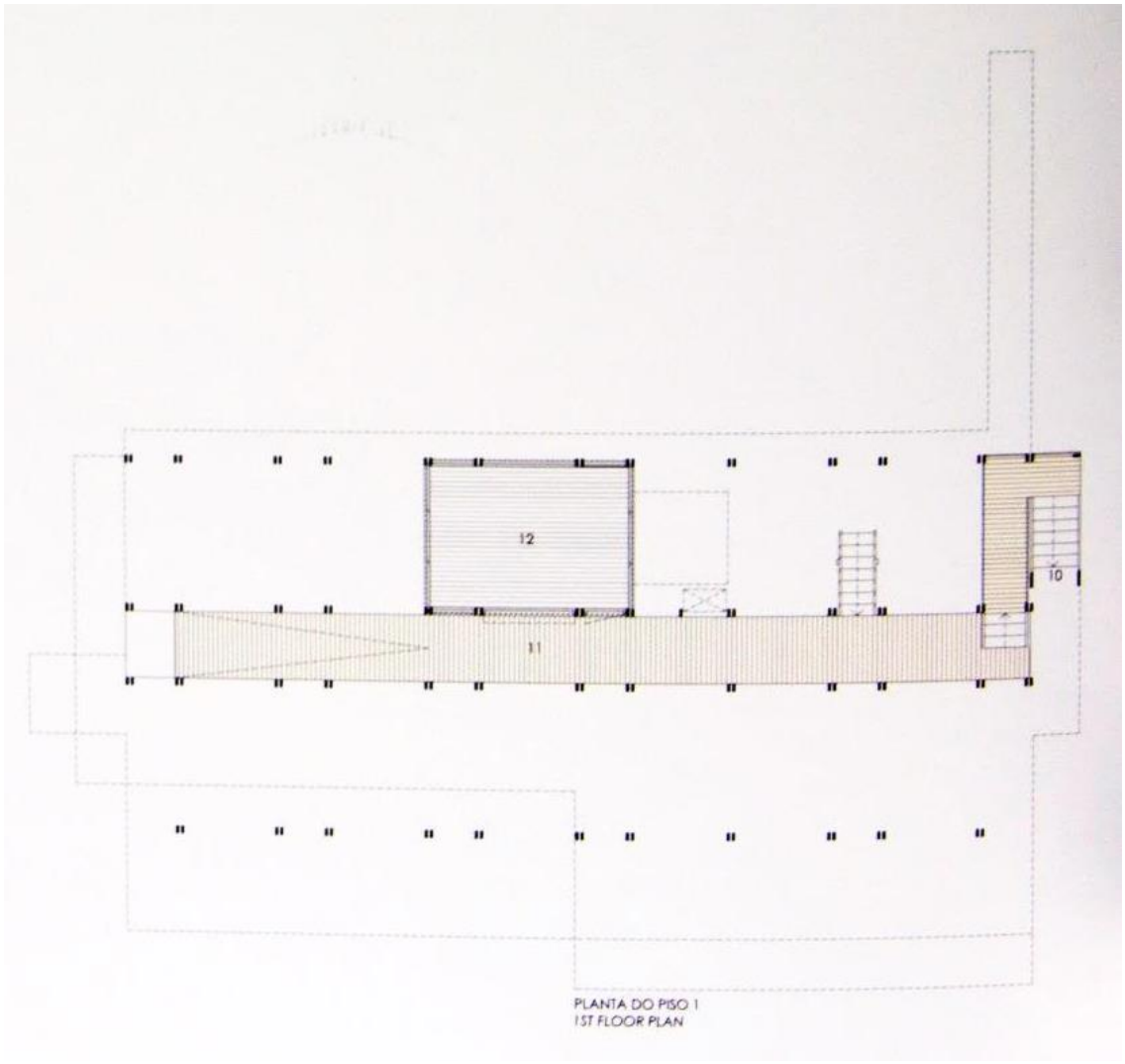


**Ilustração 104** – Em cima: Alçado Norte; em baixo: Alçado Sul. (Castanheira, 2011, p. 112)



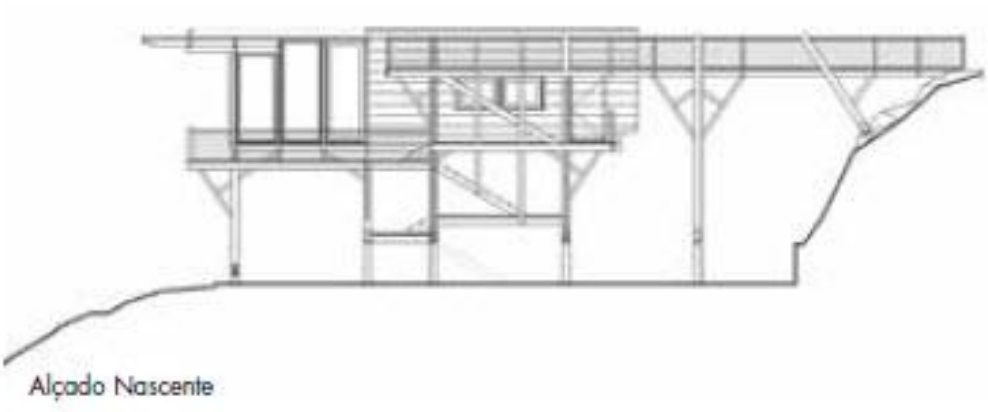




**Ilustração 105** – Em cima: planta do piso 1; em baixo: Alçado Nascente. (Castanheira, 2011, p. 110)(Lourenço *et al.*, 2013, p. 151)

Toda a habitação está virada a Sul e existe apenas uma janela virada a Norte.

Nesta habitação de férias a área social mistura-se com a área privada sendo por isso a relação com as visitas mais informal do que noutro tipo de habitação.

A entrada na habitação é feita por um corredor que faz a distribuição pelos espaços e, não existindo um hall muito pronunciado por este fazer parte do próprio corredor.

A cozinha e sala são praticamente pegadas, sendo que a distinção de espaços é feita através da lareira, colocada ao meio da divisão, e pela configuração do pavimento, que sendo a mesma madeira é aplicada em direções opostas, na zona da lareira foi deixada uma zona de segurança ao fogo em pedra natural. Ainda como parte das áreas sociais da casa existe uma casa de banho social, que, apesar disso já se encontra na zona delimitada como privada. A área privada é diferenciada no corredor por uma elevação de cerca de 50cm do piso (ilustração 106), sendo que esta está demarcada no corredor através de degraus. A área privada da casa é composta por 2 quartos e 1 suite (planta do piso 2, ilustração 100). Tal como na lareira, também a zona dos banhos está revestida a pedra natural de modo a proteger das humidades e do contacto com a água como é visível na ilustração 107.

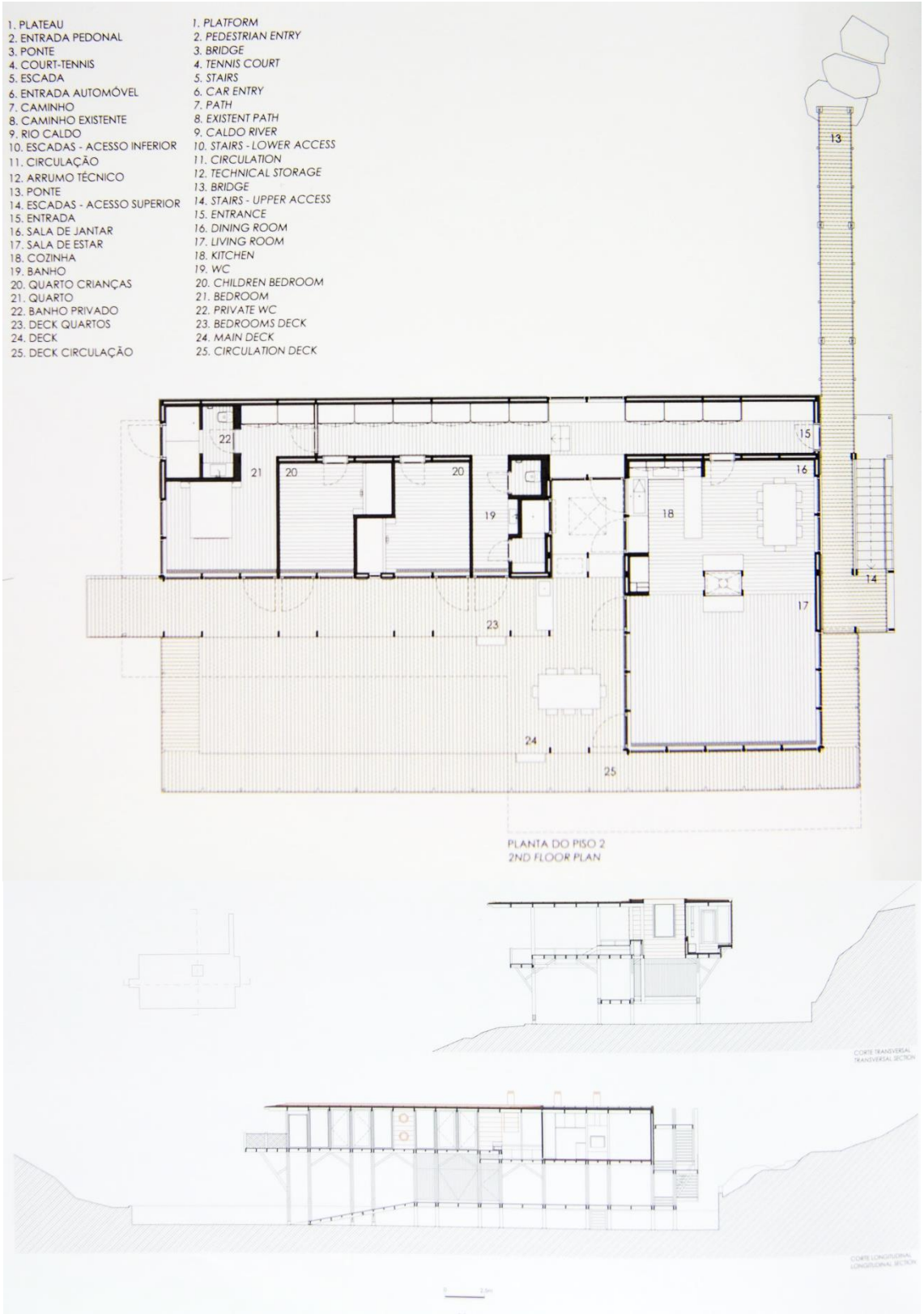



**Ilustração 106** – Á esquerda: planta do piso 2; á direita: cortes construtivos. (Castanheira, 2011, p. 110, 114)

**Ilustração 107** – Á esquerda: Vista da sala para a cozinha; ao centro: vista da entrada para a instalação sanitária social; á direita: vista da zona de banhos. (Guerra, Castanheira, 2011, p. 117, 118)

No exterior e a percorrer toda a fachada Sul da habitação existe uma enorme varanda que se abre para a albufeira. De modo a preservar a vista e a não criar uma barreira visual muito intensa o perímetro de toda a varanda esta a uma cota inferior ao da própria varanda, permitindo assim que a guarda não se sobreponha à paisagem (ilustração 108). (Castanheira, 2011, p. 115)

Desta varanda, é então possível apreciar toda a paisagem no seu esplendor sem interferir com a vegetação existente no próprio lote. Além dos enormes vãos de vidro que se abrem a Sul, existem ainda 2 pequenas janelas redondas que fazem uma alusão às janelas dos grandes transatlânticos numa clara alusão às memórias marítimas expressa pelo cliente. “A casa de Adpropeixe é um mirante habitável, elevado do solo mas ligado ao local e neste inserido.” (Castanheira, 2010, p. 100)(Castanheira, 2013)

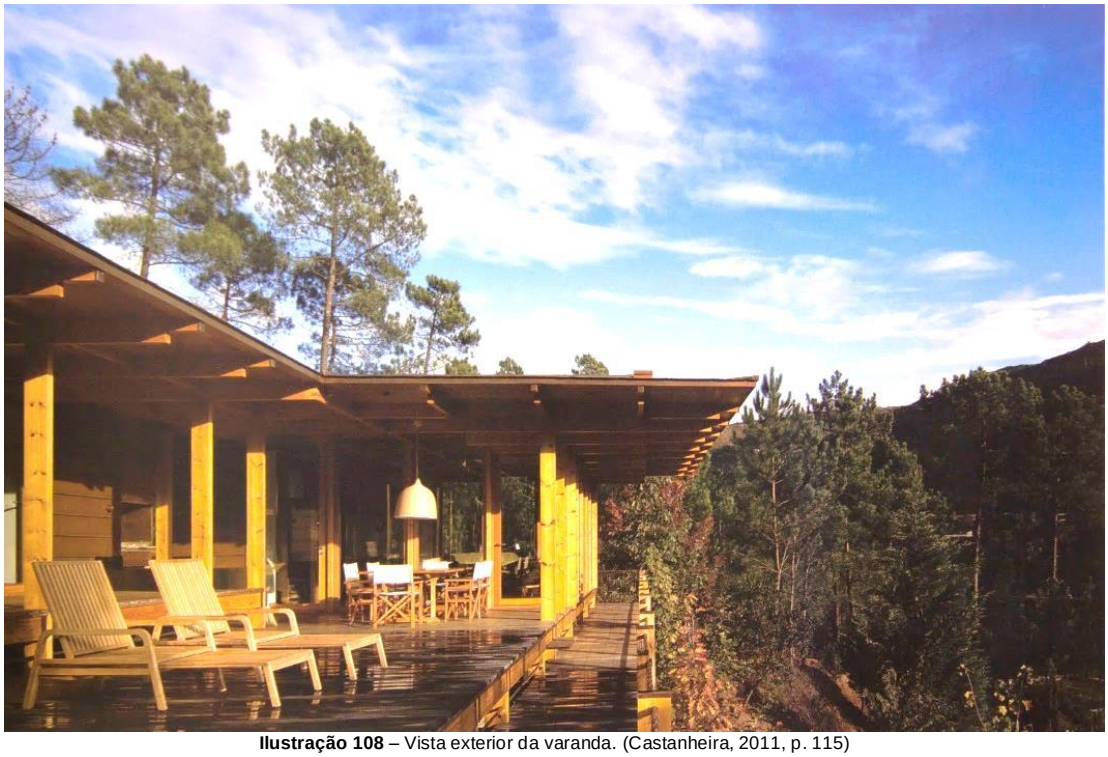


**Ilustração 108** – Vista exterior da varanda. (Castanheira, 2011, p. 115)

Desde início que foi sentida alguma dificuldade em comunicar as ideias da arquitectura à equipa de construção. Isto obrigou à construção de uma maquete à escala, visível na ilustração 109 de modo a transmitir a ideia e o modo como a estrutura principal se iria articular. (Castanheira, 2013)(Lourenço *et al.*, 2013)

Após esta fase optou-se por fabricar protótipos à escala real das ligações metálicas de modo a perceber como a estrutura se amarrava entre si. A estrutura foi montada num armazém disponibilizado pelo cliente e ai foi montada. (Castanheira, 2013)(Lourenço *et al.*, 2013)

Graças a esta estrutura, apenas 2 peças foram construídas com erros e tiveram de ser substituídas. “Uma estrutura simples, complexa de pensar porque é preciso não cometer erros”.(Castanheira, 2013)

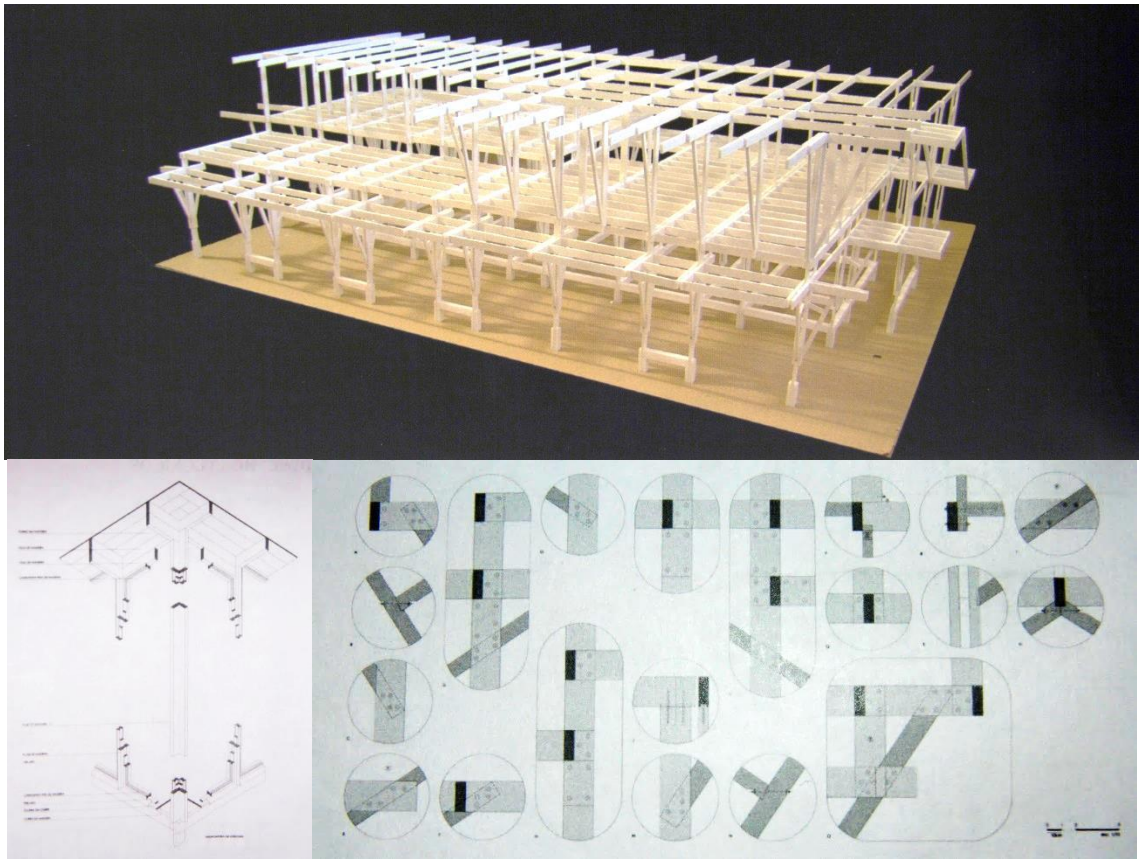


**Ilustração 109** – Em cima: Maquete da estrutura; á esquerda: pormenor construtivo; á direita: pormenorização das ligações metálicas da estrutura. (Guerra, Castanheira, 2010, p. 102)(Lourenço *et al.*, 2013, p. 152)

Outra das dificuldades encontradas foi o transporte de todas as peças para a obra, estas não poderiam ser demasiado grandes devido aos difíceis acessos de terra batida até ao local de implantação como podemos constatar na planta de implantação (ilustração 110). (Castanheira, 2013)

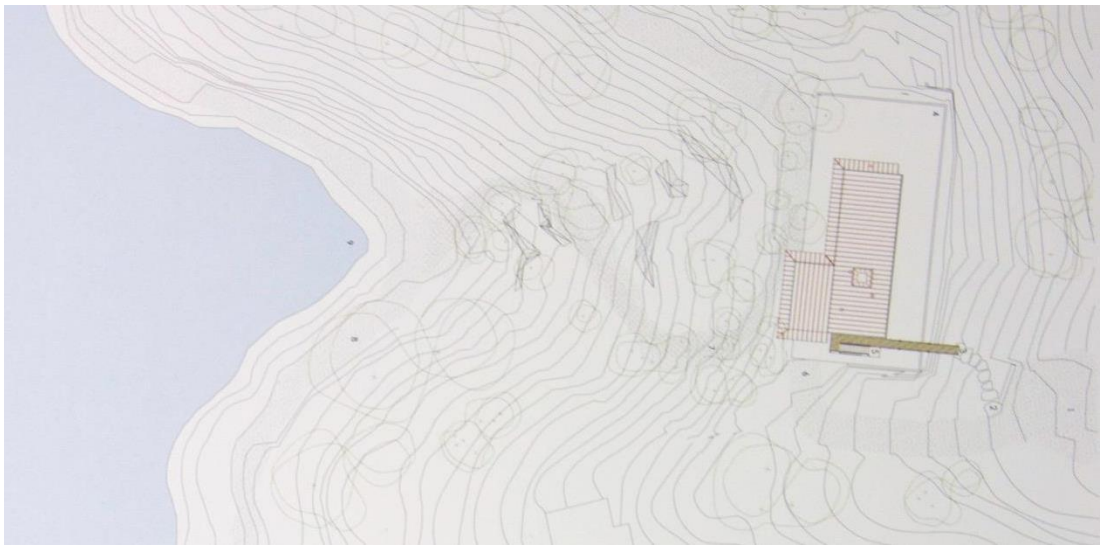


**Ilustração 110** – Planta de implantação. (Castanheira, 2011, p. 110)

As paredes de tapamento são compostas por painéis de aglomerado de partículas de madeira revestidos a cortiça, pelo interior e pelo exterior, sendo que o acabamento interior é feito com madeira ou gesso cartonado e pelo exterior é feito em cobre (ilustração 111). (Castanheira, 2013)

A madeira utilizada no projeto foi casquinha vermelha para o interior e cumaru para as zonas exteriores. (Lourenço *et al.*, 2013, p. 150)

**Ilustração 111** – Á esquerda: vista da entrada Norte; á direita: vista do corredor da habitação; ao centro: vista exterior. (Castanheira, 2011, p. 118, 120, 121)

> O terreno, a area, o parquet, desde que se iniciou a construção da casa, está melhor, não só pela casa, mas pela necessária vivência que esta implicou, implica e implicará. Está mais limpo o monte, foram criadas reservas de água, plantadas árvores, melhorados caminhos, humanizada a natureza, a arquitectura deu uma ajuda. (Castanheira, 2010, p. 100)

## 5.3. EDIFÍCIO STADTHAUS

### 5.3.1. NOTA INTRODUTÓRIA

O presente estudo foi iniciado antes da conclusão do edifício Forté construído em Melbourne, Austrália, que é atualmente o edifício mais alto do mundo com estrutura de madeira (10 pisos) e que ficou concluído no início de 2013. Dado o facto de este não estar concluído aquando do início do estudo e a escassa informação disponível sobre o mesmo, optou-se pelo estudo do edifício Stadthaus do Arqtº Andrew Waught que era e continua a ser a referência da construção em altura com estrutura de madeira.

### 5.3.2. STADTHAUS

O Stadthaus é um projeto inovador e pioneiro em todo o mundo, com a assinatura do Arq. Andrew Waught do atelier Waught Thisleton Architects, situando-se em Londres, no número 24 da rua Murray Grove. A inovação deste projeto reside na utilização de uma estrutura de madeira na construção do edifício, substituindo esta a tradicional estrutura de betão armado. Este edifício habitacional é constituído por 9 pisos em que a partir do 1º piso a estrutura é inteiramente de madeira.

Este projeto foi encomendado em Dezembro de 2006 pela Event Investments, e tinha como objetivo, além de responder às necessidades habitacionais de Londres, marcar a diferença e ser uma referência na construção sustentável. Além disso, o edifício tinha de ser acessível a diferentes classes sociais e como tal teria de conter habitações de custos controlados, sendo que poderia ser utilizado o R/C para comércio e serviços, tendo obrigatoriamente de existir um espaço para uma lavandaria comunitária que servisse o edifício.

Durante o ano de 2007 o empreendimento mudou de dono ainda durante a fase dos desenhos iniciais, embora a Telford Homes tivesse dado continuidade às escolhas feitas até então pela arquitetura. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 28-29)

A preocupação com a sustentabilidade deste projeto nasce com um relatório governamental de 2005 que indica o sector doméstico[40] como responsável por 30% do consumo de toda a energia no Reino Unido, sendo que Londres é a principal fonte de

[40] Inclui-se neste sector todos os gastos energéticos efetuados por cidadãos em funções domésticas e com equipamentos privados.

emissões. Com base neste relatório o Governo Britânico estabeleceu que todas as habitações construídas a partir de 2016 deverão ter zero emissões de carbono. Atualmente as reduções das emissões de carbono são obtidas através da utilização de energias renováveis[41] ou através da aplicação de super isolamentos[42] de modo a reduzir os consumos de energia. No entanto e não ignorando ambas as técnicas de redução de emissões, 1/3 de toda a energia gasta durante a vida de um edifício é utilizada na sua construção, e nunca é equacionada a produção de energia renovável durante a fase de construção. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 22-23)

Outro dos desafios deste projeto foi a própria legislação Britânica, dado que em Inglaterra as seguradoras têm um papel importante na aquisição de habitação própria: qualquer novo proprietário que adquira uma habitação pode receber uma garantia adicional por parte da seguradora.

Neste projeto foi utilizada a seguradora NHBC[43], que tem normas de construção que dão acesso a uma garantia de 10 anos ao edifício, dando assim aos proprietários uma segurança adicional no que respeita a esta normativa (estas normas não entram em conflito com as normas de construção Europeias e Britânicas). (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 61-62)

Como nota, refere-se que a viabilidade do projeto foi conseguido, por uma alteração à lei do fogo Britânica que limitava a altura de edifícios com estruturas de materiais combustíveis, desde que o material utilizado na sua construção tenha uma classificação de CF90[44], para um edifício residencial até 30m de altura[45]. (TRADA, 2013)(Great Britain e Department for Communities and Local Government, 2013, p. 124)

Esta alteração foi introduzida em Abril de 2007 e teve como base um teste levado a cabo pela BRE[46] em parceria com outras empresas do sector da construção e de madeiras que ficou conhecido, como o TF2000. Este teste revelou que, independentemente do material utilizado na construção, desde que o mesmo tivesse

[41] Energia solar, eólica, etc.
[42] Utilização de isolamentos com capacidades superiores à dos normais de modo a diminuir a perda calor e pontes térmicas.
[43] NHBC – National House-Building Council
[44] CF90 – Corta fogo resistente 90 minutos de exposição ao fogo e ao calor.
[45] http://www.steelconstruction.info/Structural_fire_resistance_requirements
[46] BRE – Empresa de investigação de materiais e técnicas de construção, esta empresa era conhecida como Building Research Establishment até 1997, altura em que deixou de ser um organismo público e foi privatizada.

uma resistência suficiente, a vida humana não estaria em perigo. (Great Britain e Department for Communities and Local Government, 2013, p. 124)(TRADA, 2013)

> "Timber Frame 2000 has proved the ideal platform to demonstrate to the construction industry the benefits of timber frame, whilst showing that perceived drawbacks were in fact myths. The tests carried out showed not only the strength and durability, acoustical and fire performance of timber frame, but also provided an opportunity for engineers to devise improvements to the structure. (TRADA, 2013)

Outro aspeto que mereceu grande preocupação relacionava-se com a acústica do edifício, pois a madeira não é um bom isolante acústico podendo por isso provocar graves problema ao edifício e condicionar a sua acreditação relativamente aos testes acústicos exigidos pela lei Britânica. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 10-14)

**Ilustração 112** – Edifício Stadthaus (Techniker, Tall Timber Buildings, 2009, p.1)

A Stadthaus conforme já referido, está implantada num lote da rua Murray Grove em Londres, que fica sensivelmente a 3km para Norte do centro da capital Britânica. Esta é uma zona residencial com um skyline circundante médio de 5 pisos de altura, tendo apenas a 200m uma torre de 20 andares. Este lote tem aproximadamente 900m² com um formato quase retangular com 33m de comprimento e 30m de largura. O lote tem duas frentes de rua e situa-se no cruzamento de Murray Grove com a Provost Street.

O local não apresenta dificuldades significativas pois quer o lote, quer a sua envolvente são planos e sem qualquer tipo de desnível ou inclinação significativa.

**Ilustração 113** – Imagem aérea de Londres, a vermelho a Stadthaus. (Apple Inc., 2013)

Como resposta aos problemas e objetivos enunciados anteriormente o Arq. Andrew Waught e a sua equipa optaram pela utilização de uma solução inovadora a nível mundial na construção em altura, a madeira lamelada colada cruzada (MLCC). (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 11-18)

Este material, proveniente de florestas certificadas, é a resposta ideal para o problema da sustentabilidade, demonstrando que a madeira e todos os aditivos utilizados na fabricação dos painéis não prejudicam o meio ambiente e garantem a continuidade da floresta. Este material, já disponível à alguns anos no mercado, nunca tinha sido utilizado numa construção desta altura. Representava também a resposta necessária a todas as preocupações de sustentabilidade solicitadas pelo cliente, sendo ao mesmo tempo um ótimo ensaio à futura legislação Britânica que pretende grau zero de emissões para as construções habitacionais a partir de 2016. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 19-21)

> … acording to figures supplied by Wood For Good, the amount of energy required to produce a tonne of brick is four times the amount for swan softwood, concrete is five times, glass six times, steel twenty-four times and aluminium 126 times. Using wood

> instead of other building materials saves on average 0.9 tonnes of carbon dioxide per cubic meter. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 24)

O tempo estimado de construção para um edifício deste tipo era de 72 semanas, no caso de ser construído em betão armado, com a MLCC foi possível reduzir este tempo para 49 semanas. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 9)

Para termos uma ideia clara da poupança de tempo introduzida por este material, toda a estrutura de madeira lamelada colada cruzada demorou 27 dias a ser erguida, tendo esta sido erguida por uma equipa de 4 homens que trabalhavam nesta tarefa apenas 3 dias por semana. A instalação de cada painel demorou em média cerca de 20 minutos, sendo que cada painel tinha no máximo 16,5m de comprimento por 2,95m de altura e 146mm de espessura. Na ilustração 108 podemos ver a evolução da construção do edifício. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 14, 84)

**Ilustração 114** – Construção do edifício da Stadthaus (Thompson, A process revealed, 2009, p. 38, p. 39, p.41, p. 53)

Devido ao peso próprio da madeira foi também possível reduzir a quantidade de betão armado utilizado nas fundações e R/C do próprio edifício, redução esta que teve também grande impacto nas emissões de carbono no estaleiro, pois foram dispensados grande parte dos equipamentos pesados[47] normalmente utilizados numa

[47] Grua fixa para transporte de cargas, cofragens, ferro, equipamentos relacionados com produção e aplicação de betão e argamassas.

obra desta envergadura caso fosse usado o betão armado. Além disso reduziam-se também custos ao dispensar dispendiosos cortes e ocupações de via pública para a movimentação de equipamentos pesados e nas cargas e nas descargas contínuas de materiais[48]. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 14-16, 72, 84)

Para a construção deste edifício não foi necessária a instalação de uma grua fixa, visto que uma grua móvel, que só ia para a obra quando era necessário descarregar os painéis de MLCC. O espaço ocupado pelo estaleiro também foi consideravelmente reduzido, pois os painéis de madeira lamelada colada cruzada eram colocados diretamente do transporte para a sua posição final. O estaleiro era também ele bastante mais limpo e silencioso quando comparado com um de betão e alvenaria de tijolo. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 23, 84)

Tratando-se de uma obra seca a fase de instalações técnicas pode decorrer ao mesmo tempo da construção da estrutura, sendo que também esta tarefa foi facilitada, ao contrário de uma estrutura de betão em que é necessário recorrer a pesados martelos elétricos para abrir furações, neste caso uma simples aparafusadora bastava para efetuar o trabalho. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 81)

Acrescente-se ainda o facto de esta obra dispensar equipamentos pesados no seu dia-a-dia o que significa que a população ficou a ganhar pela diminuição da poluição.

**Ilustração 115** – á esquerda: Imagem da construção do edifício Stadthaus, a vermelho a zona designada para o estaleiro da obra. Á direita: Os resíduos produzidos pela construção. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 37)(Sustainable Buildings Canada, 2010)

Em termos de forma o edifício é uma simples extrusão da área de implantação com 17x17m fixando-o como o edifício mais alto dos circundantes. Apesar de ser mais alto do que os demais, dada a densidade desta zona, este edifício não entra em conflito com a envolvente nem com o seu skyline. A sua aparência exterior, embora não sendo a mesma dos edifícios circundantes, que datam dos anos 50 e utilizam tijolo vermelho

[48] Tijolos, ferro, argamassas.

à vista nas suas fachadas, não entra em confronto com o envelhecimento recorrendo a uma fachada de painéis retangulares de Eternit Natura[49], onde foi pixilizada uma interpretação de uma tela abstrata do artista alemão Gerhard Richter's. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 7, 29, 36)

A fachada é constituída por 5000 painéis de 3 cores distintas, preto, branco e cinza, que compõem a tela. No piso térreo foram utilizados tijolos de Lignacite[50], sendo que este material à base de cimento é muito mais resistente e durável que os painéis de Eternit. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 36)

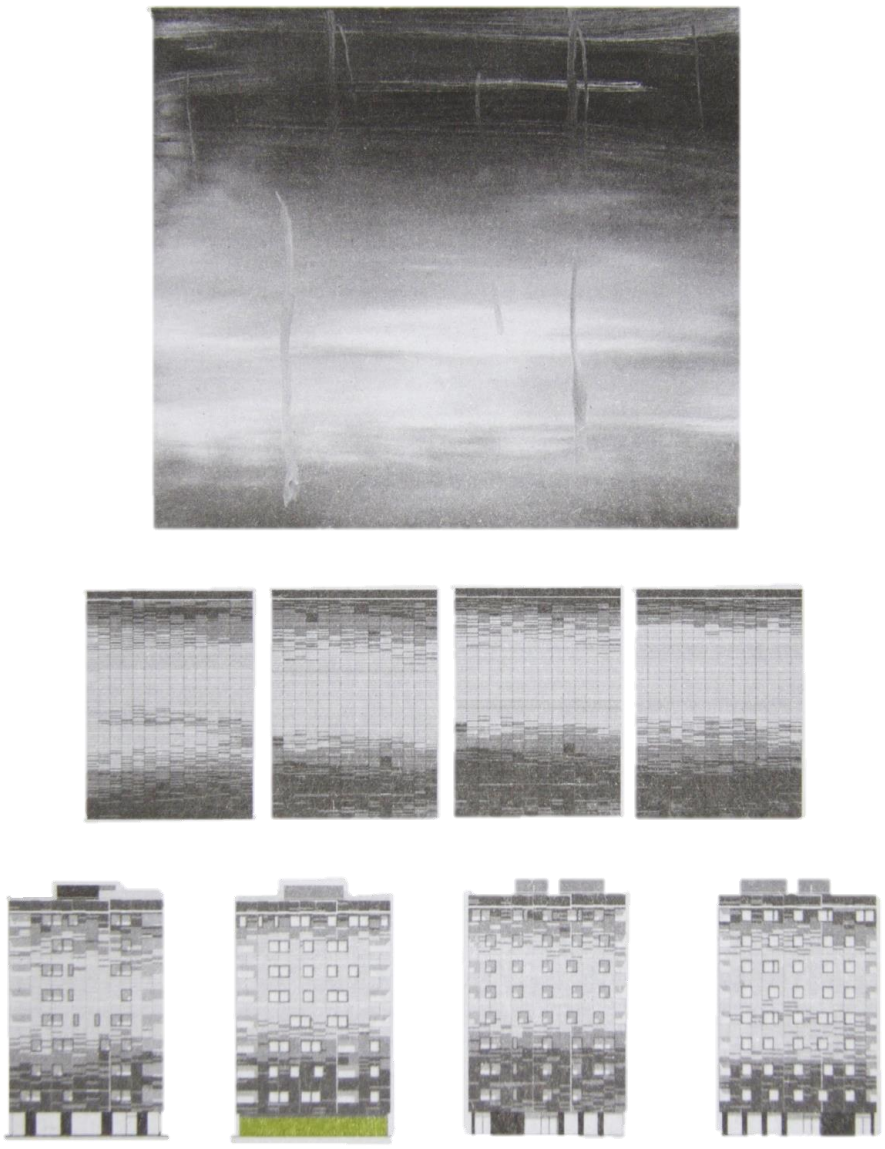


**Ilustração 116** – Imagem da fachada da Stadthaus (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 35)

[49] Eternit Natura é um painel de madeira cimento fabricado pela Marley Eternit.
[50] Lignacite é um fabricante de blocos de cimento decorativos.

Interiormente o edifício alberga 29 habitações e 2 lavandarias, 1 espaço comercial e 2 entradas independentes. A zona habitacional, de custos controlados, ocupa o 1º, 2º e 3ºs pisos tem uma entrada virada para o interior do lote, um elevador e uma caixa de escadas independentes. Os restantes pisos, do 4º ao 8º, são ocupados com habitações para venda, tendo também estas uma entrada, virada para a Provost Street, com um elevador e uma caixa de escadas independentes. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 29-32)

O piso 0 foi construído com um núcleo e uma laje superior de betão armado, assim como as fundações do edifício, tendo sido as respetivas paredes exteriores sido erguidas com tijolo Lignacite. No piso 0 optou-se pela utilização de betão armado dado que o núcleo dos pisos superiores não eram coincidentes com o piso 0, de modo a garantir uma distribuição uniforme das cargas superiores sobre este piso. Outra das razões que levou à utilização de betão armado foi a minimização de riscos das patologias, que decorrem quando a madeira está em contacto com o solo, evitando qualquer alteração significativa relativamente á humidade. Este espaço por sua vez divide-se em 2 zonas distintas, uma zona comercial virada para a rua Murray Grove, e um espelhamento das entradas, uma entrada para as habitações de custos controlados com uma lavandaria comunitária virada para o interior do lote e outra entrada virada para a Provost Street para as restantes habitações, também estas com uma lavandaria comunitária. Sabe-se que existem no total 11 habitações de tipologia T1, 10 T2, 5 T3 e 3 T4. Na planta do piso 3 com habitações de custos controlados (ilustração 111) que contem 1 habitação T1, 1 T2 e 1 T4, é possível observar também as caixas de elevadores e caixas de escadas independentes. Na planta do piso 5 (ilustração 112) com 4 habitações, 3 de tipologia T2 e 1 T1. Na conceção do projeto ficou garantido que todas as habitações iriam possuir uma varanda. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 29-32, 72)

No interior do edifício e apesar de ser possível ter a madeira lamelada colada cruzada à vista, o dono de obra a Telford Homes, optou por um interior consistente com o seu habitual portfolio, preferindo a utilização de gessos cartonado acabado com pintura a branco. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 30-31)

Para a resolução do problema acústico, foi utilizado nos pisos isolamento comprimido sobre o qual foi executada uma betonilha onde seria posteriormente instalado o aquecimento de pavimento. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 34)

Para o isolamento do núcleo, onde trabalham os elevadores, foi feito um isolamento acústico comprimido entre dois painéis de madeira lamelada colada cruzada. No interior das habitações o isolamento foi colocado em paredes e tetos sem qualquer compressão, sendo este assegurado através de revestimento em gesso cartonado. A distribuição de espaços ao longo dos vários pisos ficou assegurada através da utilização de uma malha retangular que permitiu criar um núcleo para a distribuição de cargas equilibrado, núcleo este que foi prolongado ao longo de todo o edifício permitindo ao mesmo tempo liberdade suficiente para criar espaços diferentes em cada piso. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 34, 74)

Ao contrário de uma estrutura de betão armado, uma estrutura de madeira lamelada colada cruzada não funciona da mesma forma, porque além da própria laje incorpora também paredes portantes que substituem os tradicionais pilares, isto é, todas as paredes internas e externas fazem parte da estrutura.

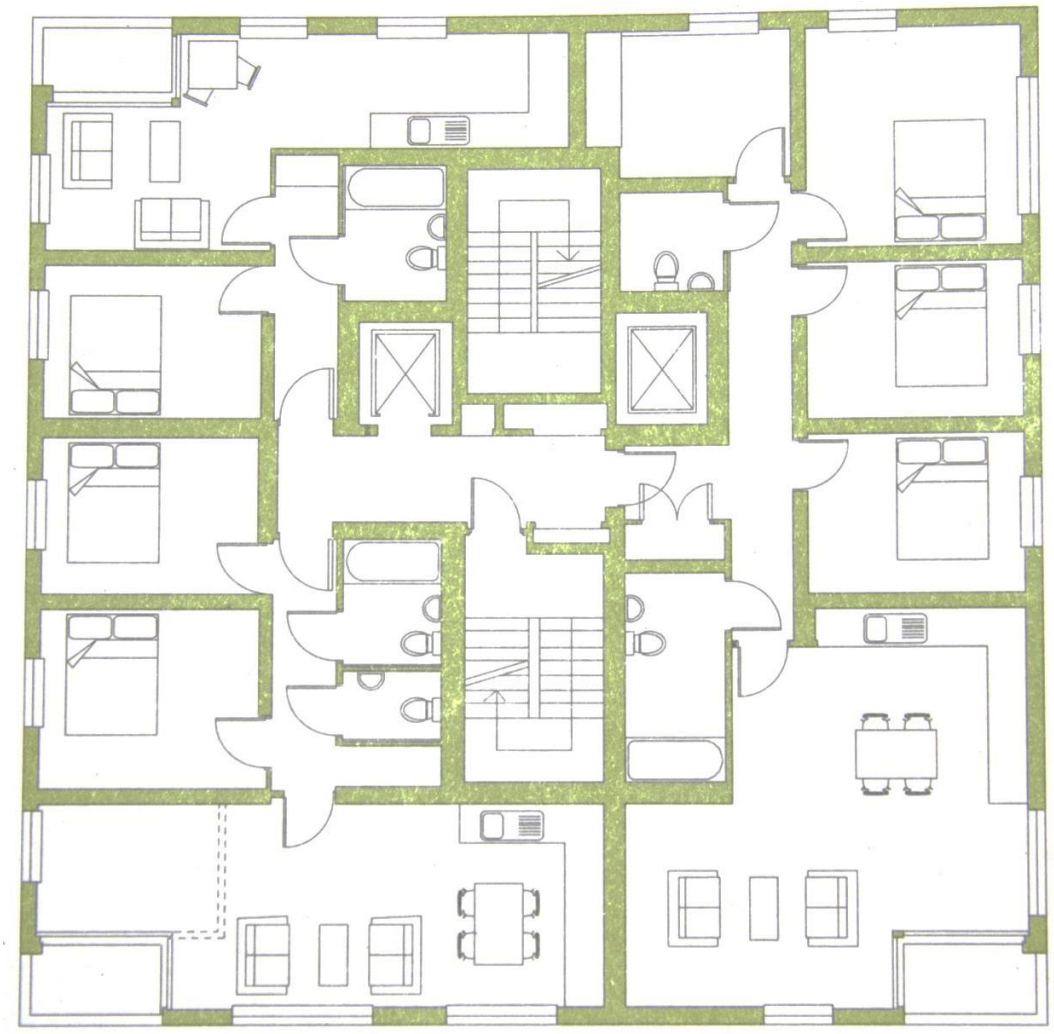


**Ilustração 117** – Planta do piso 3 (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 66)

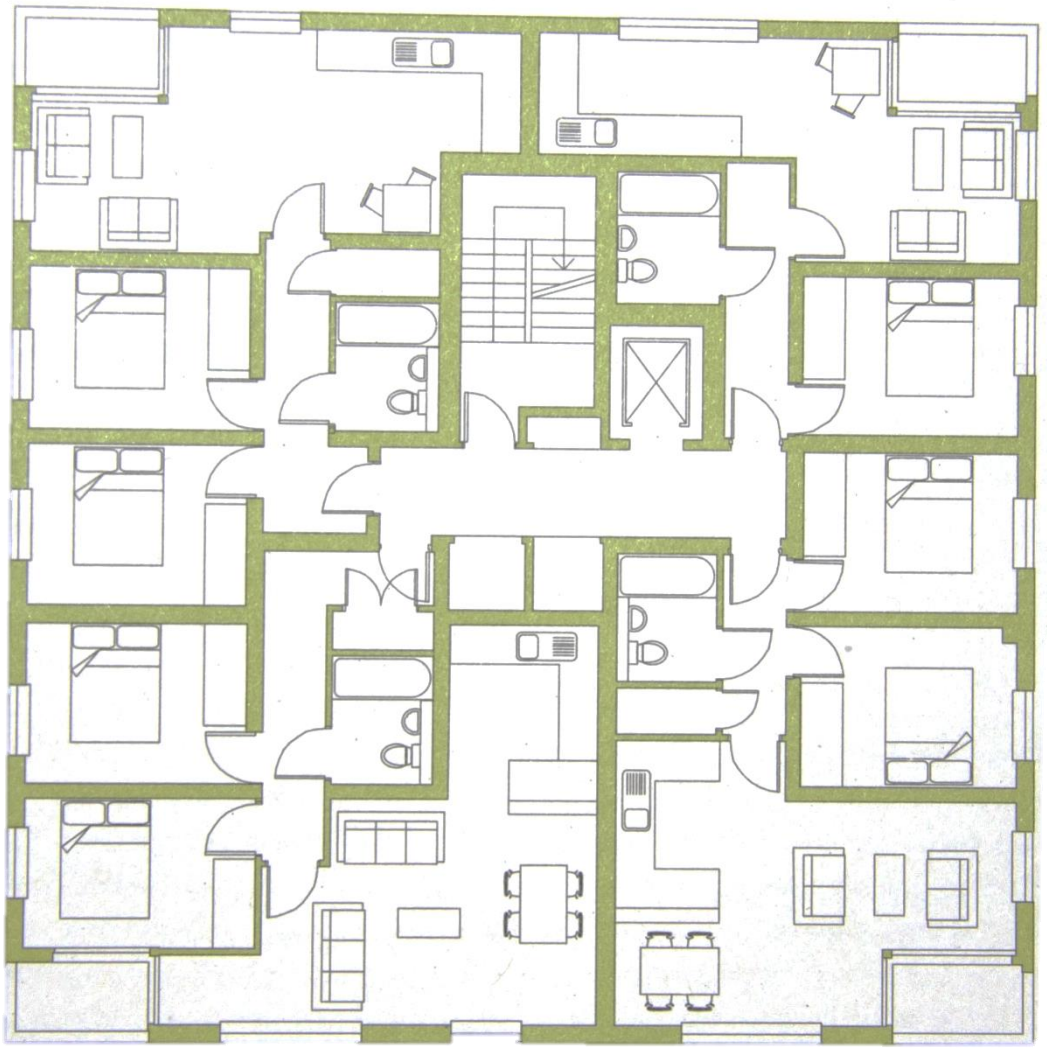


**Ilustração 118** – Planta do piso 5 (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 67)

Este exemplo permite perceber que uma construção com painéis de MLCC não tem a mesma reação ao fogo que uma construção de madeira com viga e pilar. Ao termos um painel de MLCC com uma grande densidade de madeira quando comparado com uma parede de madeira com sistema de viga pilar, temos uma resistência muito superior ao fogo. Neste edifício foram utilizados painéis para o núcleo e para os pisos painéis, com 5 camadas, e enquanto que para as restantes paredes foram usados painéis com 3 camadas. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 11-12)

De acordo com a lei Britânica o edifício Stadthaus teria de obter uma classificação de CF90 para o seu núcleo sendo que os painéis de 5 camadas utilizados obterem uma classificação de CF60. No entanto, a lei considera a parede completa, e não apenas o painel, pelo que com a aplicação do isolamento e dos dois painéis de gesso cartonado foi possível obter a certificação necessária de CF90 (ilustração 119). A lei Britânica

também prevê para paredes interiores uma resistência ao fogo de CF30 e entre habitação CF60. Os painéis de 3 camadas utilizados nas paredes interiores obtiveram por si só uma classificação de CF30 o que quando aplicado o isolamentos e revestimento de gesso cartonado, eleva a classificação para uma resistência de CF60, cumprindo assim os requisitos da lei. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 11-12)(*Projecto TF2000*, [s.d.])(*Approved Document B (Fire safety) – Volume 1: Dwellinghouses (2006 edition incorporating 2010 and 2013 amendments)*, 2013, p. 124)

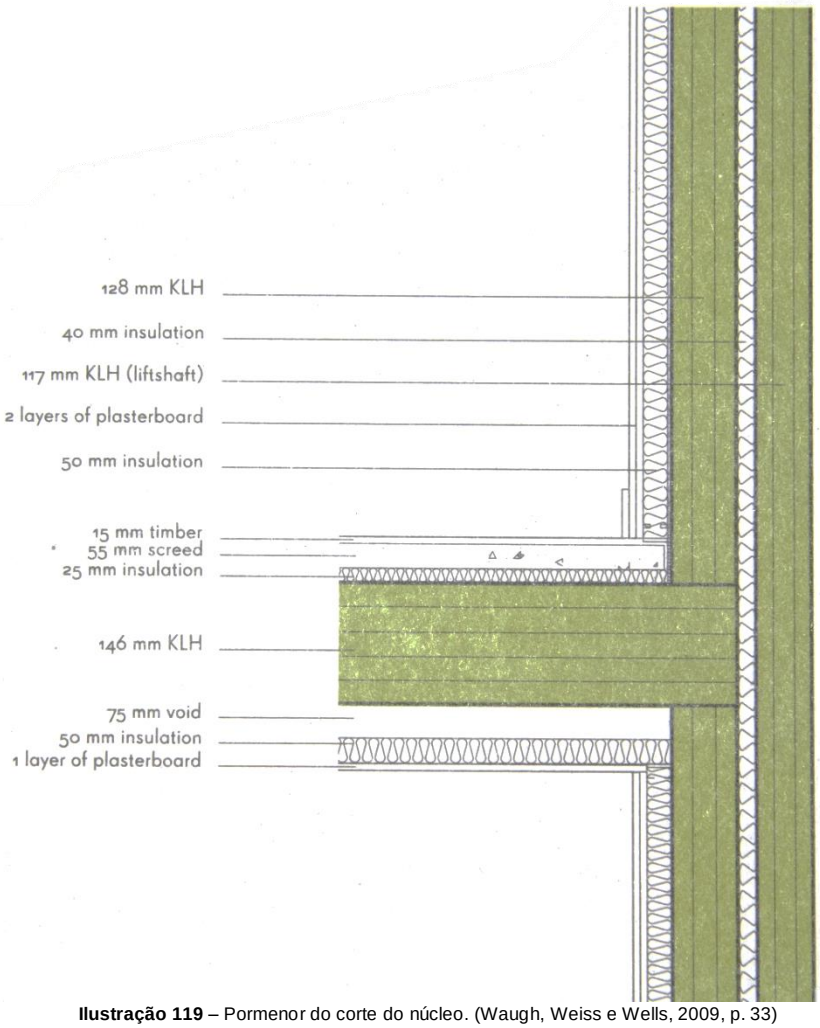



**Ilustração 119** – Pormenor do corte do núcleo. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 33)

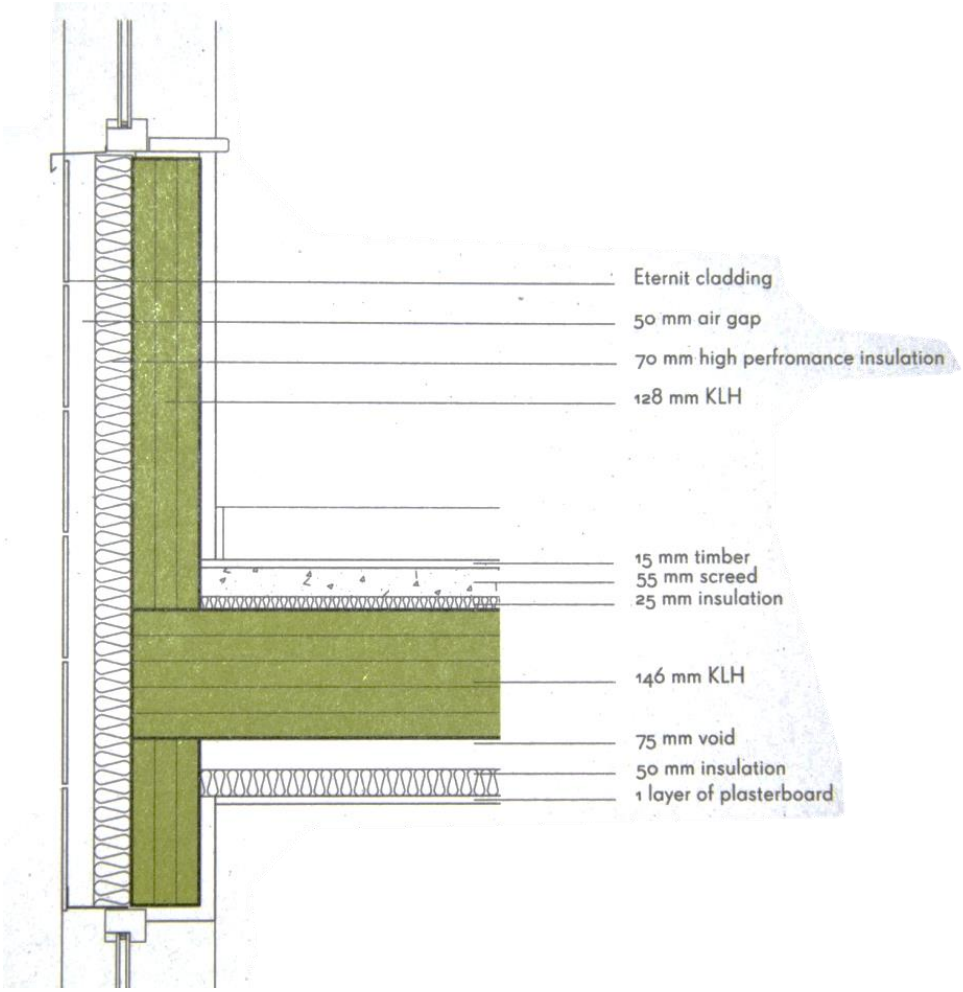



**Ilustração 120** – Pormenor da fachada. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 33)

Outro problema que se pôs com a utilização de madeira lamelada colada cruzada, era a de que esta não estava na altura acreditada no Reino Unido, e deste modo só após passar nos testes esta poderia ser utilizada. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 64-65)

As leis Europeias exigem para os materiais de construção uma duração média de vida de pelo menos 50 anos, no entanto a lei do Reino Unido exige um mínimo de 60 anos, embora o fabricante garantir através de testes próprios que o seu produto tem uma esperança média de vida de 80 anos. Neste sentido foi necessário certificar o produto, sendo que esta certificação ficou a cargo da BRE, este processo demorou aproximadamente cerca de 6 meses, e garantiu a vida útil do material como não sendo inferior a 60 anos. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 64-65)

**Ilustração 121** – Operários a colocarem um painel de MLCC. (TRADA, 2009, p. 5)

Numa obra desta envergadura e quando se trabalha com um material novo, deverão ser acautelados os possíveis erros em obra e a garantir uma execução rápida. Assim, foram apenas utilizados dois tipo de conectores metálicos para unir os painéis e dois tipos de parafusos, opção esta que minimizou a necessidades de fiscalização e supervisão. (Waugh, Weiss e Wells, 2009, p. 80-81)

**Ilustração 122** – Colocação dos parafusos de união dos painéis de MLCC. (TRADA, Stadthaus, 2009, p. 5)

**Ilustração 123** – Á esquerda: Aspecto do interior de uma habitação durante a construção. Á direita: Aspecto do interior de uma habitação após a conclusão da obra. (Sustainable Buildings Canada, 2010)

# 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A madeira foi desde sempre o material primordial para a construção, apesar do seu desaparecimento em grande escala na contemporaneidade como material estrutural ter ficado comprometido devido ao aparecimento do betão e novas técnicas construtivas. Contudo a madeira começou recentemente a recuperar o seu protagonismo na arquitetura no final da década de 90, devendo-se isso em grande parte ao Pavilhão Atlântico que nos aponta novas capacidades da madeira enquanto material estrutural.

Como tivemos ocasião de verificar a madeira foi indispensável não só ao desenvolvimento e evolução do Homem, como teve um papel significante e em alguns casos quase decisivo no aparecimento e queda de antigas civilizações, podendo porventura mesmo a sua importância nos tempos antigos ser comparada à importância do petróleo na atualidade.

Também a consciência da importância da floresta e os perigos da desflorestação que se procuram evitar desde a Grécia Clássica são ainda hoje dignos de nota, deste modo com a possibilidade do aumento do consumo de madeira é importante que os arquitetos tenham consciência da importância do consumo de madeira certificada e que passem esta exigência para os clientes, pois uma habitação de madeira pode ser tudo menos sustentável se a madeira usada não for proveniente de uma fonte certificada.

A madeira como material de construção sofreu um grande aumento de consumo com a revolução industrial e a expansão americana, dando lugar simultaneamente a

grandes quantidades de desperdícios. Esta situação levou à emergência de uma nova industria, isto é, à dos derivados.

Neste sentido, os derivados mais importantes aparecem entre as décadas de 40 e 60 do séc. XX., tendo a sua popularidade crescido de tal forma que atualmente os resíduos como aparas ou serradura já não são suficientes para alimentar a indústria dos derivados dado as grandes quantidades desperdício de madeira como matéria-prima.

No entanto, a procura de inovação neste domínio não parou e ao fim de milénios de utilização da madeira como material de construção continuamos a assistir a pesquisas e desenvolvimentos na área de derivados da madeira.

A procura de elementos construtivos de madeira capazes de vencer vãos cada vez maiores e com uma resistência homogénea levou ao desenvolvimento nas últimas décadas de materiais como o LVL, o LSL, o PSL e a madeira lamelada colada cruzada, estes materiais são fruto da apelidada engenharia da madeira ou *structural composit lumber*.

Estes derivados devidos às novas tecnologias que lhe estão associadas possibilitam atualmente a construção em altura, que até ao presente se encontrava limitada na maioria dos países devido a problemas de estabilidade e a por leis do fogo. No entanto o aumento de estudos com base neste material demonstraram que quando ultrapassadas as questões legais poderemos facilmente construir edifícios de 42 andares de altura como o apresentado no estudo do atelier S.O.M..

Além de ser possível agora construir em altura, a madeira tem outras vantagens quando utilizada como material estrutural, permitindo, quer a redução de prazos de construção, quer uma maior eficiência das diversas equipas presentes em obra, tornando-a mais limpa e reduzindo a ocupação do estaleiro de obra.

O crescente aumento da utilização da madeira também se fez sentir no nosso país com o aparecimento de inúmeros ateliers especializados em projetos de casas modulares utilizando estrutura de madeira. Outro sinal deste aumento foi a criação do Prémio Nacional de Arquitetura de Madeira que é atribuído a cada dois anos em que só são aceites a concurso projetos concluídos.

Além disso a madeira revelou-se ainda ser um material muito utilizado em situações pós-catástrofe, principalmente em situações pós sismo, como exemplo em Itália, onde após os sismos de 2009 e 2012 se assistiu a um grande aumento nas construções em madeira, em particular com a utilização de madeira lamelada colada cruzada.

Com isto pode-se considerar que o papel da madeira na arquitetura só irá aumentar nos próximos anos retirando a materiais como o aço e o betão todo o protagonismo e função.

> "If the 19th century was the century of steel, & the 20th century the century of concrete, then the 21st century is about engineered timber." (Alex de Rijke)

# 7. REFERÊNCIAS

9WOOD - 9Wood | Species [Em linha], atual. 2013. [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://9wood.com/technical_articles/species>.
ABECASIS, Maria Isabel Braga - A real Barraca: a residência na Ajuda dos Reis de Portugal após o terramoto (1756-1794)História e actualidade. . Lisboa : Tribuna, 2009. ISBN 9789898219114.
ABOUT.COM - Swiss Sound Box Swiss Pavilion Expo 2000 by Peter Zumthor - Buildings by Pritzker Prize-winning Architect Peter Zumthor [Em linha], atual. 2000. [Consult. 26 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://architecture.about.com/od/greatbuildings/ig/Peter-Zumthor-/Swiss-Sound-Box.htm>.
AKÍ - AKÍ - Painel Aglomerado [Em linha], atual. 2013. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.aki.pt/produto.aspx?categoryid=1965&productid=12681&sid=0>.
AMEN, António - Fotos de Turismo de GaiaFacebook, 2013. Disponível em WWW:<URL:https://www.facebook.com/photo.php?fbid=453512801399727&set=pb.107342736016737.-2207520000.1371058710.&type=3&theater>.
AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION - American Plywood and European Standards [Em linha], atual. 2013. [Consult. 4 mar. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.apawood.org/>.
AMORIM - A Escolha Natural: Xangai rende-se à cortiça [Em linha], atual. 2010. [Consult. 2 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://corticeira-amorim.blogspot.pt/2010/11/xangai-rende-se-cortica.html>.
AMORIM - Amorim [Em linha], atual. 2013. [Consult. 12 set. 2013]. Disponível em WWW:<URL:www.amorim.com>.
AMORIM CORK COMPOSITES - Rubber Flooring [Em linha], atual. 2012. [Consult. 2 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.amorimcorkcomposites.com/construction.php/product/152>.
AMORIM CORK COMPOSITES - EXPANDACORK TYPE III [Em linha], atual. 2012. [Consult. 2 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.amorimcorkcomposites.com/construction.php/product/154>.
AMORIM, Grupo - GRUPO AMORIM :: História Marcos e Cronologia [Em linha], atual. 2013. [Consult. 24 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.amorim.pt/gru_historia.php>.
AMORIM, Grupo - GRUPO AMORIM :: Actividade [Em linha], atual. 2013. [Consult. 24 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.amorim.pt/cor_glob_actividade.php>.
ANDRADE, Hugo Miguel Castro - Caracterização de Edifícios Antigos. Edifícios «Gaioleiros» [Em linha]. [S.l.] : Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Mar. 2011 Disponível em WWW:<URL:http://run.unl.pt/handle/10362/6043>. Dissertação de Mestrado.
APPLE INC. - Maps
Approved Document B (Fire safety) – Volume 1: Dwellinghouses (2006 edition incorporating 2010 and 2013 amendments) - 2013).
ARCH TIMBER PROTECTION - What is Pressure Treated Timber?Arch Timber Protection, , 2011. [Consult. 15 ago. 2013]. Disponível em

WWW:<URL:http://www.youtube.com/watch?v=Ed582Y2_pjk&list=PL8D55084EF0D10270>.
ARCHITECTURE OF LIFE - Ahşap Yapılar Unuttuğumuz Mimari Kültürümüz | Architecture Of Life [Em linha], atual. 2013. [Consult. 15 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.architectureoflife.net/ahsap-yapilar-unuttugumuz-mimari-kulturumuz/>.
Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental - [Em linha]. Lisboa : Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, 2013 (Relatório n.1.1). [Consult. 2 abr. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.icnf.pt/portal/florestas/ifn/ifn6>.
ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DA MADEIRA E MOBILIÁRIO DE PORTUGAL - AIMMP - SerraçãoSerração, 2013. [Consult. 1 mar. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.aimmp.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=257&Itemid=177>.
AURAN SERVIÇOS HOLISTICOS LTDA-ME - VINHÁTICO | Florestas Nativas [Em linha] [Consult. 8 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.florestasnativas.com.br/vinhatico>.
BAHAMÓN, Alejandro; SOLER, Anna Vicens (EDS.) - Cabana da Arquitectura Vernácula à Contemporânea. Primeira Edição ed. [S.l.] : Argumentum - Edições, Estudos e Realizações, 2008 [Consult. 20 nov. 2012]. ISBN 978-972-8479-58-9.
BARCELOS, Lara - Entrevista Pavilhão Atlântico LB, 5 Abr. 2013.
BBMC BANIYAS - hardboard_lg5.jpg (400×400) [Em linha], atual. 2013. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.bbmcgroup.com/images/photos/Hardboard/hardboard_lg5.jpg>.
BBMC BANIYAS - bb_lg5.jpg (500×375) [Em linha], atual. 2013. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.bbmcgroup.com/images/photos/Block-board/bb_lg5.jpg>.
BETON WOOD - Cement Bonded Particle Board BetonWoodBeton Wood, , 2012. [Consult. 10 set. 2013]. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=A4_MU7Gi4AA&list=PL8H_O_ZA3upCgalrh3v2kzifZaS_nAQhH>.
BIBIENA, Giovanni Carlo Galli - Planta da Real Barraca. 1755).
BIBLIOTECA NACIONAL DE PORTUGAL - Biblioteca Nacional da AjudaApresentação, 2013. [Consult. 2 mar. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.bnportugal.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=301&Itemid=329>.
BOBBUDI - Panoramio - Photo of Sea Ranch Lodge, CA [Em linha], atual. 2011. [Consult. 23 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.panoramio.com/photo/47542018>.
BOEKE, Al - Sea Ranch Escape Vacation Rental Homes [Em linha], atual. 2012. [Consult. 18 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.searanchescape.com/searanchhistory.html>.
BORSON, Bob - Sea Ranch Condominium one with architects MLTW [Em linha], atual. 2012. [Consult. 23 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.lifeofanarchitect.com/sea-ranch/sea-ranch-condominium-one-with-architect-mltw/>.
BRAGA ON - Igreja do Salvador - Lar Conde Agrolongo [Em linha], atual. 2012. [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://bragaon.blogspot.pt/2012/07/igreja-do-salvador-lar-conde-agrolongo.html>.
BRITES, Ricardo José Delgado Sousa - Avaliação de Segurança das Estruturas de Madeira [Em linha]. [S.l.] : Universidade do Minho - Escola de Engenharia, Mar. 2011

[Consult. 7 nov. 2012]. Disponível em WWW:<URL:http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/14069>. Tese de Doutoramento.
BRUTE FORCE COLLABORATIVE - cross laminated timber » brute force collaborative [Em linha], atual. 2010. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://bruteforcecollaborative.com/wordpress/2010/02/11/kreuzlagenholz-cross-laminated-timber/>.
BUILDINGS, Great - Woodland Chapel Floor Plan [Em linha], atual. 2012. [Consult. 25 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbc-drawing.cgi/Woodland_Chapel.html/Woodland_Floor_Plan.jpg>.
CACHIM, Paulo Barreto - Construções em Madeira - A Madeira como Material de Construção. Porto : Publindústria, Edições Técnicas, 2007 [Consult. 3 nov. 2012]. ISBN 978-972-8953-14-0.
CALOR, Inês Alhandra - TÉCNICAS CONSTRUTIVAS AVIEIRAS - Tradição e inovação no sistema palafítico. 2013).
CAMÕES, Luís Vaz De - Lusíadas [Em linha] [Consult. 18 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.citi.pt/ciberforma/ana_paulos/ficheiros/lusiadas.pdf>.
CANADIAN HARDWOOD PLYWOOD AND VENEER ASSOCIATION - Veneer Informational VideoCanadian Hardwood Plywood and Veneer Association, , 2011. [Consult. 10 mai. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.youtube.com/watch?v=EgCZoYX7WTg>.
CANADIAN WOOD COUNCIL - Canadian Wood Council [Em linha], atual. 2013. [Consult. 15 dez. 2012]. Disponível em WWW:<URL:www.cwc.ca>.
CANAS, António Costa - Navegações Portuguesas [Em linha], atual. 2002. [Consult. 8 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://cvc.instituto-camoes.pt/navegaport/d04.html>.
CARDOSO, Luís Manuel Ribeiro - Recuperação de pavimentos antigos em madeira com lajes mistas madeira-betão [Em linha]. [S.l.] : Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, Jun. 2010 Disponível em WWW:<URL:http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/61285>. Dissertação de Mestrado.
CARDOSO, Margarida - Móveis premiados. Expresso - Economia. (1 jun. 2013). 28.
CARR, Karen - Terra Amata ShelterSmithsoniam National Museum of Natural History, 2013. [Consult. 5 fev. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://humanorigins.si.edu/evidence/behavior/terra-amata-shelter>.
CARR, Karen - Early Hominids Image [Em linha], atual. 2013. Disponível em WWW:<URL:http://www.karencarr.com/tmpl1.php?CID=503>.
CASEY INDUSTRIAL - Casey Industrial - Uniboard MDF PlantCasey Industrial, , 2011. [Consult. 13 jun. 2013]. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=caZ5f7jDxbM&list=PL8H_O_ZA3upBAOkC6zCduBG7L1g_49tXu&index=11>.
CASTANHEIRA, Carlos - Carlos Castanheira, Casa Adpropeixe, Terras de Bouro, Gerês. Arq/a. 78/79 (2010) 100–105. [Consult. 10 out. 2012]. ISSN 1647-077X.
CASTANHEIRA, Carlos - Carlos Castanheira - Arquiteto - Architect. Caleidoscópio ed. Casal de Cambra - Portugal : Caleidoscópio - Edição e Artes Gráficas, SA, 2011. ISBN 978-989-658-153-4.
CASTANHEIRA, Carlos - Seminário de Casas de MadeiraLisboa, 17 Abr. 2013. [Consult. 17 abr. 2013].
CATANZARO, Laura; CURTIS, Liane; Natalia - Defining a DER [Em linha], atual. 2011. [Consult. 23 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://deepenergyretrofit.wordpress.com/blog/>.
CINCINNATI MILACRON - Wood Plastic Composite Production with Plug&Play wood drying processCincinnati Milacron, , 2009. [Consult. 23 jul. 2013]. Disponível em

WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=QOISTcm_tKI&list=PL8H_O_ZA3upD1xhJk1Pdmfy31ezR65jq5>.
CINCINNATI MILACRON - Wood Plastic Composite High Output Production on TC86 Twin Screw ExtruderCincinnati Milacron, , 2012. [Consult. 23 jul. 2013]. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=0zyGBlSdk5Q&list=PL8H_O_ZA3upD1xhJk1Pdmfy31ezR65jq5>.
COFFEENEWS - termiti-rossi-1.jpg (600×540) [Em linha], atual. 2010. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.coffeenews.it/wp-content/uploads/2010/09/termiti-rossi-1.jpg>.
COMISSÃO ORGANIZADORA DO PNAM - Prémio Nacional de Arquitectura em Madeira 2011 [Em linha]. [S.l.] : Autoridade Florestal Nacional, 2011 Disponível em WWW:<URL:http://www.florestas2011.org.pt/images/catalogopnam.pdf>. ISBN 978-972-8097-78-3.
CORK, Amorim - Matéria Prima e Processo Produtivo [Em linha], atual. 2012. [Consult. 24 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.amorimcork.com/natural-cork/raw-material-and-production-process/>.
CORNER, Donald; YOUNG, Jenny - Great Buildings Image - Sea Ranch Condominium [Em linha], atual. 2013. [Consult. 23 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbi.cgi/Sea_Ranch_Condominium.html/cid_3150571.html>.
Cortiça IPAM - , 2011. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=SeVlmAyIdfs>.
COUTINHO, Joana De Sousa - Materiais de Construção 1 - Madeiras. 1999).
CRUZ, Helena - Entrevista à Eng[a]. Helena Cruz., 3 Jan. 2013. [Consult. 1 mar. 2013].
CURRAN, Leo C. - Pompeii. House of the Tragic Poet. «Cave Canem» mosaic, 1997. [Consult. 18 abr. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://wings.buffalo.edu/AandS/Maecenas/italy_except_rome_and_sicily/pompeii/ac881724.html>.
DAMIANI-HOLZ & KO - PAVIMENTO PARA EXTERIORES EM WPC BY DAMIANI-HOLZ & KO [Em linha] [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.archiproducts.com/pt/produtos/92991/pavimento-para-exteriores-em-wpc-pavimento-para-exteriores-em-wpc-damiani-holz-ko.html>.
DARLINGTON VENNER CO. - Darlington Veneer Co. Hardwood Plywood Manufacturer - How it's madeDarlington Veneer Co., , 2010. [Consult. 20 fev. 2013]. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=WKNK2me0Yx8&list=PL8H_O_ZA3upBjDqVMJV_oQyZP3GRIy6PP>.
DATAHOLZ - dataholz.com - Spanstreifenholz [Em linha], atual. 2013. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.dataholz.com/cgi-bin/WebObjects/dataholz.woa/wa/baustoff?baustoff=Spanstreifenholz&language=it>.
DIAS, Rui - palheiros da costa nova, a photo from Aveiro, North | TrekEarth [Em linha], atual. 2006. [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.trekearth.com/gallery/Europe/Portugal/North/Aveiro/Costa_Nova/photo640699.htm>.
DIEFFENBACHER - Oriented Strand BoardDieffenbacher, , 2012. [Consult. 26 abr. 2013]. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=qZomX3NWdNQ&list=PL8H_O_ZA3upBnmHgt_0vdz_aQh1v-lPSY>.
DISCOVERY CHANNEL - How it's made - Fiber Cement Siding T18 - E229How it's madeDiscovery Channel, , 2012. [Consult. 23 fev. 2013]. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=LuxGDH9KVLM&list=PL8H_O_ZA3upBAOkC6zCduBG7L1g_49tXu>.

DISCOVERY CHANNEL - How to make Laminated Wood Beams T17 - E220How it's madeDiscovery Channel, , 2012. [Consult. 12 ago. 2013]. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=TK_v01nqWTc&list=PL8H_O_ZA3upDVLQEUSWpcmrCO8dSCfQyO>.
DISCOVERY CHANNEL - How it's made Gypsum Boards T3 - E39How it's madeDiscovery Channel, , 2013. [Consult. 12 ago. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.youtube.com/watch?v=dH3kQO6FO3o>.
ENTOMART INSECTS - Coleo_Anobium_punctatum2.jpg (1391×1012) [Em linha], atual. 2009. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.azoresbioportal.angra.uac.pt/imagens/Imagenes/2009/11Maro//Coleo_Anobium_punctatum2.jpg>.
EVERJADE WPC DECKING CO.,LTD. - WPC wood polymer composite - madeira composita, [s.d.]. Disponível em WWW:<URL:http://www.decking-wpc.com/?gclid=CO20sLCrubgCFYPHtAoduVMAfg>.
FAFE, José Fernande - Colonização Do Brasil - Resumo, História, Características [Em linha], atual. 2013. [Consult. 8 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.historiadobrasil.net/resumos/colonizacao_brasil.htm>.
FERNANDEZ, Santiago Huerta *et al.* - A História da Construção em Portugal. [S.l.] : Edições Almedina, SA, 2011 [Consult. 20 jan. 2013]. ISBN 978-972-40-4452-1.
FERREIRA, FH - Templo de ApoloMitologia, 2013. [Consult. 23 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.mitologia.templodeapolo.net/conteudo_ver.asp?Cod_conteudo=1&value=As%20Cinco%20Eras%20da%20Humanidade&mit=Mitologia%20Grega&topico=Antropog%C3%AAnese#topo>.
FERREIRA, Odsson - Pré-História -Neolítico [Em linha], atual. 2011. [Consult. 8 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.prehistoria.templodeapolo.net/ver_periodo.asp?Cod_periodo=56&value=Neol%C3%ADtico&periodo=Neol%C3%ADtico&1=>.
FERREIRA, Pedro Mendes - Citizen Grave: Eduardo Anahory - O Arquiteto sem curso [Em linha], atual. 2012. [Consult. 26 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://citizengrave.blogspot.pt/2012/12/eduardo-anahory-o-arquiteto-sem-curso.html>.
FIBROMADE - Fibromade [Em linha], atual. 2010. [Consult. 23 jan. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.fibromade.com/production.html>.
FIDELITY EXTERMINATING COMPANY - ppb3.jpg (497×398) [Em linha] [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://unexco.com/gallery/ppb3.jpg>.
FIGUEIREDO, Paula; GOMES, Carlos; VALE, Teresa - Capela Real da Ajuda / Torre sineira da Capela Real da AjudaSIPA - Sistema de Informação para o Património Arquitectónico, 2007. [Consult. 12 mai. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=6106>.
FINELINEASIA GROUP COMPANY, INC. - FGCI - VENEER SHEETS [Em linha], atual. 2010. [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://finelineasia.com/veneer_sheets>.
FORDAQ - Medium Density Fibreboard (MDF), 9*****30 mm [Em linha] [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.fordaq.com/fordaq/srvAuctionView.html?AucTIid=439688>.
FOREST STEWARDSHIP COUNCIL - FSC Forest Stewardship Council ® · Facts & Figures [Em linha], atual. 2013. [Consult. 25 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:https://ic.fsc.org/facts-figures.19.htm>.
FOREST STEWARDSHIP COUNCIL - FSC Forest Stewardship Council ® · Our History [Em linha] [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:https://ic.fsc.org/our-history.17.htm>.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL - Visão e Missão [Em linha] [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.pt.fsc.org/visao_e_missao.html>.
FURNIERWERK BÜHLER SPANKORBFABRIK GMBH - Furnierwerk Bühler Spankorbfabrik, 2010. Disponível em WWW:<URL:http://www.youtube.com/watch?v=hBTrOxqGca8>.
GASPAR, Florindo *et al.* - Fabrico de estruturas lameladas-coladas com madeira de pinho bravo tratada em autoclave. [s.d.]).
GEORGIA-PACIFIC WOOD PRODUCTS - Journey Quality - The making of GP OSB Plant Tour, 2011. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=vwLz6M_N3HM&list=PL8H_O_ZA3upBnmHgt_0vdz_aQh1v-lPSY>.
GIBBS, Nick - The wood handbook : an illustrated guide to 100 decorative real woods and their uses. London : Apple, 2012. ISBN 9781845434632 1845434633.
GIL, Luís - C o r t i ç a. 2012).
GIL, Luís - A cortiça como material de construção - Manual Técnico. [s.d.]).
GONÇALVES, Aníbal - À Descoberta de Marzagão: Março 2011 [Em linha], atual. 2011. [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://descobrirmarzagao.blogspot.pt/2011_03_01_archive.html>.
GONÇALVES, César Nuno Pires - Contributos para uma maior e melhor utilização da madeira de Pinho bravo em Portugal [Em linha]. [S.l.] : Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, 2010 [Consult. 23 mar. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/59418>. Dissertação de Mestrado.
GRASS, Daniel - The Great House of Beer » Archive » Daniel and Jane Smithers Grass [Em linha], atual. 2008. [Consult. 23 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://blog.greathouse.net/index.php/2008/01/10/daniel-and-jane-smithers-grass.html>.
GREAT BRITAIN; DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT - The Building Regulations 2010: approved document B. [Newcastle upon Tyne] : NBS, 2013. ISBN 9781859464885 1859464882.
GRUPO AMORIM - Corksorb distinguido com o prémio Inovação Cotec - Unicer, Notícias, Iniciativas - Programa Escolha Natural – Sustentável por natureza – Grupo Amorim – Corticeira Amorim – Sustentabilidade [Em linha], atual. 2012. [Consult. 2 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.sustentabilidade.amorim.com/iniciativas/noticias/Corksorb-distinguido-com-o-premio-Inovacao-Cotec-Unicer/114/?offset=5>.
HANKE - Skogskapellet | Flickr – Compartilhamento de fotos! [Em linha], atual. 2008. [Consult. 26 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.flickr.com/photos/15523384@N00/3088647818>.
HECKER, Amy; DECKER, Howard - Priene ReconstructedA Town Square, 2008. [Consult. 18 fev. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://heckeranddecker.wordpress.com/2008/03/14/priene-reconstructed/>.
HENRIQUES, Maria Dulce Franco - Sistemas estruturais em madeira lamelada colada. 2002).
HOLOPAINEN, Jarmo - Hylotrupes-bajulus.jpg photo - Jarmo Holopainen photos at pbase.com [Em linha], atual. 2001. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.pbase.com/image/86963003>.
HUCKFELDT, T. - Braunfäuletypen [Em linha], atual. 2008. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.bfafh.de/inst4/44/braunfaul_typ.htm>.
ICO I-joist - [s.d.]).

IMOWOOD - Madeira Lamelada Colada | Woodlacol [Em linha], atual. 2013. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.imowood.pt/madeira-lamelada-colada/>.
INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS - Produção Florestal — ICNF [Em linha], atual. 2013. [Consult. 8 jan. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.icnf.pt/portal/florestas/gf/prdflo/efrc>.
INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS - Fileira Florestal, [s.d.]. Disponível em WWW:<URL:http://www.icnf.pt/portal/florestas/fileiras/ff>.
INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM - Cultura Avieira, 2013. Disponível em WWW:<URL:http://avieiros.ipsantarem.pt/>.
ISOCOR-AGLOMERADOS DE CORTIÇA ACE - Aglomerado de Cortiça Expandida [Em linha] [Consult. 2 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://isocor.pai.pt/ms/ms/isocor-aglomerados-de-cortica-ace-produtos-1050-012-lisboa/ms-90047830-p-3/>.
JOHNSON, Rachel - The Advantages of Balloon Frema. 2007).
JOHNSTONE, John - Building Defects [Em linha] [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.johnjohnstone.co.uk/building_defects.html>.
JONES, James - How it's made an I-joist at James Jones factory, 2011. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=MY0Y-ZB1LzA&list=PL8H_O_ZA3upBd-EQdS-xy2RHf7qN32l4X>.
JPSCORK GROUP - Blocos de aglomerado | JPS Cork Group [Em linha] [Consult. 2 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.jpscorkgroup.com/produtos/blocos-aglomerados>.
KANDELL, Kate - Wood VeneerInterior Design Department, 2011. Disponível em WWW:<URL:http://www.interiordesigndepartment.com/uploads/5/3/4/5/5345492/8815530.gif?450>.
KENT, Ralph - Flickriver: Searching for photos matching «Jenaz, switzerland» [Em linha], atual. 2009. [Consult. 26 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.flickriver.com/search/Jenaz,+switzerland/>.
KLEINER, Diana - HSAR 252: Roman Architecture - Lecture 5 - Lifestyles of the Rich and Famous: Houses and Villas at PompeiiUniversidade de Yale, , 27 Jan. 2009. Disponível em WWW:<URL:http://oyc.yale.edu/history-art/hsar-252/lecture-5>.
KLEINER, Diana - HSAR 252: Roman Architecture - Lecture 6 - Habitats at Herculaneum and Early Roman Interior DecorationUniversidade de Yale, , 29 Jan. 2009. Disponível em WWW:<URL:http://oyc.yale.edu/history-art/hsar-252/lecture-6>.
KLEINER, Diana - HSAR 252: Roman Architecture - Lecture 7 - Gilding the Lily: Painting Palaces and Villas in the First Century A.D.Universidade de Yale, , 2 Mar. 2009. Disponível em WWW:<URL:http://oyc.yale.edu/history-art/hsar-252/lecture-7>.
KLEINER, Diana - HSAR 252: Roman Architecture - Lecture 15 - Rome and a Villa: Hadrian's Pantheon and Tivoli RetreatUniversidade de Yale, , 24 Mar. 2009. Disponível em WWW:<URL:http://oyc.yale.edu/history-art/hsar-252/lecture-15>.
KRONOSPAN - Unsanded HDF :: Kronobuild products :: Kronospan [Em linha] [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.kronospan.co.uk/kronobuild/products/view/mdf/hdf>.
KUSTER, Hanspeter - Seminário de Casas de MadeiraLisboa, 2013. [Consult. 17 abr. 2013].
LANÇA, Pedro - Materiais de Construção - Glulam. 2008).
Lecture 17 - Greece 3 - Classical/Hellenistic Period - University of Washington, [s.d.]. [Consult. 18 fev. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://depts.washington.edu/arch350/Assets/Slides/Lecture17.gallery/source/priene_bouleuterion_view.htm>.

LINDSEY, J. K. - Gloeophyllum trabeum [Em linha], atual. 2007. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.commanster.eu/commanster/Mushrooms/Basidio/SpBasidio/Gloeophyllum.trabeum.html>.
LINZ, Barbara - Wood = Madera = Madeira. [Königswinter] : H. F. Ullmann, 2009. ISBN 9783833152214 3833152214.
LISBON INTERNATIONAL EXPOSITION COMMISSION; PARQUE EXPO 98; EXPO '98 - Pavilhão da Utopia : Exposição Mundial de Lisboa de 1998 : catálogo oficial. [Portugal]; Lisboa : Comissariado da Exposição Mundial de Lisboa de 1998 ; Parque Expo 98, S.A., 1998. ISBN 9728396716 9789728396718.
LNEC - DE - Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas (NESDE) Anos 30 a 40 [Em linha], atual. 2005. [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/Edif_1930_1940.html>.
LNEC - DE - Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas (NESDE) Anos 40 a 60 [Em linha], atual. 2005. [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/Edif_1940_1960.html>.
LOUISE C - Was Pre Roman Britain Superior to later Roman rule?Historium, 2011. Disponível em WWW:<URL:http://historum.com/ancient-history/27089-pre-roman-britain-superior-later-roman-rule-2.html>.
LOURENÇO, Paulo B. *et al.* (EDS.) - Casas de Madeira - Seminário. Paulo B. Lourenço, Jorge M. Branco, Helena Cruz, Lina Nunes ed. Guimarães : Universidade do Minho, 2013. ISBN 978-972-8692-82-7.
LP BUILDING PRODUCTS - How is it made: LP SolidStrat LSL, 2010. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=NDczB5WffWY>.
MACHTS, Sara - Sara machts - Hausbau, 2010. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=wgmZPfHo5e4>.
MACOE PORTAS E JANELAS - Chapa OSB [Em linha] [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://macoeportasejanelas.com.br/produtos/chapa-osb/>.
MAIR, Walter - Swiss Sound Box Swiss Pavilion Expo 2000 by Peter Zumthor - Buildings by Pritzker Prize-winning Architect Peter Zumthor [Em linha], atual. 2000. [Consult. 26 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://architecture.about.com/od/greatbuildings/ig/Peter-Zumthor-/Swiss-Sound-Box.htm>.
MARTINS, João Guerra; VIEIRA, António - Materiais de Construção - Derivados de Madeira. 2004).
MASCARENHAS, Jorge - Sistemas de Construção V - O Edíficio de Rendimento da Baixa Pombalina de Lisboa. Processo evolutivo dos edíficios; inovações técnicas; sistema construtivo. Materiais Básicos (3ª Parte): o vidro. 3ª Edição ed. Lisboa : Livros Horizonte, 2009. ISBN 9789722414227.
MASISA - Usos do MDF, 2007. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=XAV-MYTNaqs&list=PL8H_O_ZA3upBAOkC6zCduBG7L1g_49tXu>.
MASISA - Produção Masisa OSB, 2008. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=H3D-8zkuu4Y&list=PL8H_O_ZA3upBnmHgt_0vdz_aQh1v-lPSY>.
MATTA, L. - ESPIGUEIROS [Em linha], atual. 2006. [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://emlinharecta.blogspot.pt/2006/09/espigueiros.html>.
MATTHIAS - Finger joint experiments [Em linha] [Consult. 18 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://woodgears.ca/box_joint/fingerjoint.html>.

MAZSKY ENOVERA GROUP - Cross Laminated Timber (CLT) [Em linha], atual. 2013. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://enoveragroup.com/aproduct.php?id=14>.
MENDONÇA, Enésima - Coleo_Anobium_punctatum_Larva_C.jpg (1019×1319) [Em linha], atual. 2009. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.azoresbioportal.angra.uac.pt/imagens/Imagenes/2009/10Fevereiro//Coleo_Anobium_punctatum_Larva_C.jpg>.
MISTERROLLS - MDF and HDF, 2010. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=qitenYvpSx4&list=PL8H_O_ZA3upBAOkC6zCduBG7L1g_49tXu&index=16>.
Modern Marvels - Wood - T14 - Ep39 - Modern Marvels - WoodCanal História, , 26 Out. 2013.
MONI - Faxineiros da História: Período Neolítico [Em linha], atual. 2011. [Consult. 8 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://blogfaxineirosdahistoria.blogspot.pt/2011/01/periodo-neolitico.html>.
MOUTINHO, Daniel Fernando Oliveira - Edifícios de Construção Tradicional em Madeira - O Exemplo dos Palheiros do Litoral Central Português. 2006).
MOUTINHO, Mário - A Arquitectura Popular Portuguesa. 3ª Edição ed. [S.l.] : Editorial Estampa, 1995. ISBN 972-33-1054-6.
NADAL, J. - Photo of woodland chapel-gunnar asplund 1920 [Em linha], atual. 2009. [Consult. 25 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.panoramio.com/photo/24009033>.
NASHVILLE VACATION FUN - Fort Nashborough in Nashville on the banks of the Cumberland River [Em linha], atual. 2009. [Consult. 23 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.nashville-vacation-fun.com/fort-nashborough.html>.
NATURALLY WOOD - Introducing Cross-laminated Timber (CLT) to North America, 2011. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=rLqiwBL28v4&list=PL8H_O_ZA3upDVLQEUSWpcmrCO8dSCfQyO>.
NEP SLOVENIJA - Cross laminated timber house, 2013. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=U412iRIMHdM>.
NORBORD - How it's made OSB, 2011. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=awxhgAMnyTs&list=PL8H_O_ZA3upBnmHgt_0vdz_aQh1v-lPSY&index=6>.
ORDEM DOS ARQUITECTOS - Projecto - Casa na Arrábida, Setúbal. Jornal Arquitectos. 226 (2007) 90–91.
PEIXOTO, António Augusto Da Rocha; SEVERO, Ricardo; CARDOSO, Artur Da Fonseca - Portugalia - Materiaes para o estudo do povo Portuguez [Em linha]. Porto : Imprensa Portugueza, 1903 Disponível em WWW:<URL:http://purl.pt/index/geral/PT/index.html>.
PERLIN, Jonh - A forest journey - the story of wood and civilization. Vermont : The countryman Press, 2005 [Consult. 1 nov. 2012]. ISBN 0-88150-676-1.
PERRY'S TERMITE SERVICE & REPAIR - 100_0090.JPG (2048×1536) [Em linha], atual. 2013. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.perrystermite.com/images/100_0090.JPG>.
PLAZA BOARD CENTER - Softboard [Em linha], atual. 2013. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.plazaboard.co.za/softboard/>.
PONSSE AUSTRIA - Ponsse Austria, 2013. Disponível em WWW:<URL:http://www.ponsse-austria.com>.
PONSSE AUSTRIA - Ponsse Harvesterhead X 50 [Em linha] [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.ponsse-austria.com/10/harvester-heads/harvesterhead-x50.html>.

PORTAL DA MADEIRA - Contraplacado - Tipos e Aplicação [Em linha], atual. 2010. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://portaldamadeira.blogspot.pt/2010/01/contraplacado-tipos-e-aplicacao.html>.
PORTO EDITORA - Pesquisa global - Infopédia [Em linha], atual. 2013. [Consult. 17 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.infopedia.pt/pesquisa.jsp?qsFiltro=0&qsExpr=trabalhabilidade>.
PORTO EDITORA - Faroeste - Infopédia [Em linha], atual. 2013. [Consult. 23 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.infopedia.pt/$faroeste>.
PORTUGAL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO DESENVOLVIMENTO RURAL E DAS PESCAS. AUTORIDADE FLORESTAL NACIONAL - Espécies arbóreas florestais utilizáveis em Portugal. [s.d.]).
PRIBERAM INFORMÁTICA, S.A. - Significado e definição de fasquia no Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [Em linha], atual. 2013. [Consult. 15 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.priberam.pt/dlpo/fasquia>.
PRIBERAM INFORMÁTICA, S.A. - Significado e definição de cortiça no Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [Em linha], atual. 2013. [Consult. 8 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.priberam.pt/dlpo/corti%c3%a7a>.
PROGRAMME FOR THE ENDORSEMENT OF FOREST CERTIFICACION - History - History [Em linha], atual. 2013. [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.pefc.org/about-pefc/who-we-are/history>.
PROGRAMME FOR THE ENDORSEMENT OF FOREST CERTIFICATION - PEFC Global Certification: Forest Management & Chain of Custody - Presentations & Webinars [Em linha], atual. 2013. [Consult. 25 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.pefc.org/resources/webinar/747-pefc-global-certification-forest-management-chain-of-custody>.
PROJECTO DE CANDIDATURA DA CULTURA AVIEIRA A PATRIMÓNIO NACIONAL - Os pescadores da Praia de Mira e os pescadores da Praia da Vieira (Raízes e Relações). Projecto de Candidatura da Cultura Avieira a Património Nacional. [Em linha]30/2009 (2009). Disponível em WWW:<URL:http://avieiros.ipsantarem.pt/>.
PROJECTO DE CANDIDATURA DA CULTURA AVIEIRA A PATRIMÓNIO NACIONAL - As raízes dos avieiros e varinos das rias do Tejo e do Sado nas gândaras de Mira, de Lavos e de Leiria. Projecto de Candidatura da Cultura Avieira a Património Nacional. [Em linha]11/2010 (2010). Disponível em WWW:<URL:http://avieiros.ipsantarem.pt/>. Projecto TF2000 - [s.d.]).
PROKOPOWICZ, Hannah - Classic 4Studyblue, 2011. [Consult. 18 abr. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.studyblue.com/notes/note/n/classics-4/deck/1392097>.
PROPERTY REPAIR SYSTEMS - How to prevent Dry Rot from damaging timber - install Fugenex Dry Rot Sensors [Em linha] [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.joist-repair.co.uk/fugenex.htm>.
RASBAK - File:Hylotrupes bajulus (huisboktor) (1).jpg - Wikimedia Commons [Em linha], atual. 2009. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hylotrupes_bajulus_(huisboktor)_(1).jpg>.
REGINO CRUZ ARQUITECTOS - Regino Cruz - Arquitectos. 2009).
REGINO CRUZ ARQUITECTOS - Plantas, Cortes e Alçados do Pavilhão Atlântico [Em linha]. Lisboa : Atlântico - Pavilhão Multiusos de Lisboa, S.A., 2013 Disponível em WWW:<URL:www.pavilhaoatlantico.pt>.
REUS, Patrícia - Regino Cruz - Skidmore, Owings & Merrill - Pavilhão Atlântico [Em linha] Disponível em WWW:<URL:http://cvc.instituto-camoes.pt/conhecer/biblioteca-digital-camoes/cat_view/33-arquitectura.html?start=30>. ISBN 972-8106-14-9.

RISLEY, Robert - I Joist Roof - Framing - Contractor TalkContractortalk, 2010. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.contractortalk.com/f14/i-joist-roof-82520/>.
RODRIGUES, Ana Rita - Estruturas de Fixação dos Tectos em Caixotões [Em linha]. [S.l.] : Escola das Artes da Universidade Católica do Porto, 2010 2009 Disponível em WWW:<URL:http://artes.ucp.pt/citar/mtpnp/estudos/pintura_caixotoes_04_estrutura_fixacao.pdf>.
RUA, H. - Os dez livros de arquitectura de Vitrúvio corrigidos e traduzidos recentemente em Português. 1ª Edição ed. Lisboa : Instituto Superior Técnico - Departamento de Engenharia Civil, 1998 [Consult. 12 jun. 2013].
SANTIAGO, Emerson - Crescente FertilInfoEscola, 2013. [Consult. 24 fev. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.infoescola.com/geografia/crescente-fertil/>.
SAREFO - File:Lyctus.brunneus.jpg - Wikipedia, the free encyclopedia [Em linha], atual. 2007. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lyctus.brunneus.jpg>.
SCHÖNBÄCK, Hedvig - Skogskyrkogarden. 1995).
SILVA, Catarina; BRANCO, Jorge M.; LOURENÇO, Paulo B. - MLCC NA CONSTRUÇÃO EM ALTURA. Em [Em linha] Disponível em WWW:<URL:http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/22216/1/MLCC%20NA%20CONSTRU%C3%87%C3%83O%20EM%20ALTURA.pdf>.
SILVA, João Paulo Alves Gonçalves - Especificação de tratamentos de preservação para elementos de madeira [Em linha]. Porto : Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, 2008 [Consult. 24 abr. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://paginas.fe.up.pt/~jmfaria/TesesOrientadas/MIEC/EspecificTrataPreserMadeira.pdf>. Dissertação de Mestrado.
SISTMIR, Projecto - Igreja de Santo AndréSistmir - Sistema de gestão para o património do Concelho de Mirandela, 2011. [Consult. 12 abr. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://mirandela-sistmir.blogspot.pt/2010/10/igreja-de-santo-andre-situa-se-no.html>.
SMALL PLANET WORKSHOP - Cork Insulation: In the factories of Portugal, 2012. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=DZTMCoCG_jQ&noredirect=1>.
SOFALCA - Cortiça de FalcaSofalca, 2013. [Consult. 24 jul. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.sofalca.pt/SOFALCA_port/index1.htm>.
SOSKIN, Rupert; BOTT, Michael - Standing with StonesMicheal Bott & Rupert Soskin, , 2010. [Consult. 18 abr. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://vimeo.com/21436545>.
STEKO - STEKO - Costruzione in legno, 2012. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=b7wEJ4I5-60>.
STEKO - Archiv: Artikel Aargauerzeitung - Steko Holz-Bausysteme AG [Em linha], atual. 2012. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.steko.ch/infothek/archiv/artikel-aargauerzeitung.html>.
steko-ideen-bausteine-deutsch.pdf - [s.d.]).
STONEHENGE ADMINISTRATION OFFICE - Woodhenge - An overviewVisitstonehenge, [s.d.]. [Consult. 18 abr. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.stonehenge-stone-circle.co.uk/woodhenge-wessex.htm>.
SUPPLIERLIST - timber scaffold plank, timber scaffold borads, China [Em linha] [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.supplierlist.com/myproductview_526027_172550_0_timber-scaffold-plank.htm>.
SUSTAINABLE BUILDINGS CANADA - Stadthaus, murray grove case study presentation [Em linha], atual. 2010. [Consult. 18 dez. 2013]. Disponível em

WWW:<URL:http://www.slideshare.net/jeffranson/stadthaus-murray-grove-case-study-presentation>.
TAFISA CANADA - Tafisa Canada, 2009. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=jGn-Gh1VuPI>.
TAYLOR, Adam M. - Cross laminated timber [Em linha], atual. 2003. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://web.utk.edu/~mtaylo29/pages/Cross%20laminated%20timber.html>.
TECHNIKER - Tall Timber Buildings - The Stadthaus, Hoxton, London. [s.d.]).
TECHOS DE PLADUR - Techos de pladur: Tipos placas de pladur [Em linha], atual. 2012. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://techospladur.blogspot.pt/2012/02/tipos-de-pladur.html>.
THE GREEN GARAGE - Using technology for materials sourcing [Em linha], atual. 2009. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://greengarage.typepad.com/the_green_garage/page/6/>.
THE HOME DEPOT - Hardwood Plywood - How it's made, 2012. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=LrCt5kJwcyw&list=PL8H_O_ZA3upBjDqVMJV_oQyZP3GRIy6PP>.
THE HYATT FOUNDATION - The pritzker architecture prize 2009. 2013).
THE SEA RANCH ASSOCIATION - History and description on The Sea Ranch Association [Em linha] [Consult. 23 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.tsra.org/news.php?viewStory=139>.
THE SEA RANCH ASSOCIATION - The Sea Ranch Restrictions Article 3 on The Sea Ranch Association [Em linha] [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.tsra.org/news.php?viewStory=88>.
TIMBERCREEK - LP SolidStart LSL, 2009. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=6A9VEeUGXOQ>.
TORRES, João Tiago Caridade - Sistemas construtivos modernos em madeira [Em linha]. [S.l.] : Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, Jul. 2010 Disponível em WWW:<URL:http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/60090>. Dissertação de Mestrado.
TRADA - Timber Frame 2000 [Em linha], atual. 2013. [Consult. 3 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.trada.co.uk/techinfo/library/view/44DEFBCA-5137-4A65-8A3B-B07EBD2E56A4/Timber+frame+2000/index.html>.
TRADA - Stadthaus, 24 Murray Grove, London. 2009).
TURAKHIA OVERSEAS PVT. LTD. - Natural Veneers Factory Tour Video, 2011. Disponível em WWW:<URL:http://www.youtube.com/watch?v=quabhq_ZKGg>.
TURAN, Mete - Reconstructing the Balloon Frema: A study in the history of architectonics. 2009).
ULRICH, Karl T. - Engineered Lumber [Em linha], atual. 2010. [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://baubilt.com/?p=804>.
ULTRALAM - TALEON TERRA - Ultralam - Laminated Venner Lumber (LVL), 2010. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=PSQPy4ntdfg>.
UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION, WORLD HERITAGE CONVENTION - Skogskyrkogården [Em linha], atual. 2013. [Consult. 25 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://whc.unesco.org/en/list/558/documents/>.
UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO - Jardim Botânico UTAD | Persea indica [Em linha], atual. 2013. [Consult. 8 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://jb.utad.pt/especie/persea_indica>.
UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN - Indian housing Daniel & MarcelUniversität Duisburg-Essen, 2009. [Consult. 15 fev. 2013]. Disponível em

WWW:<URL:http://wiki.uni-due.de/frida_levy/index.php/Indian_housing_Daniel_%26_Marcel>.
UNIVERSITY OF COLORADO - House Images - Materials Used in the House [Em linha] [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://solar.colorado.edu/2002/house.materials1.html>.
UNIVERSITY OF WASHINGTON - Lecture 19- Greece 5- Classical/Hellenistic PeriodUniversity of Washington, [s.d.]. [Consult. 18 fev. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://depts.washington.edu/arch350/Assets/Slides/Lecture19.gallery/source/priene_rowhouse_unit_axo.htm>.
UPM - THE BIOFORE COMPANY - WISA Plywood production process, 2012. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=Yt2rmu2Omrs&list=PL8H_O_ZA3upBjDqVMJV_oQyZP3GRIy6PP>.
VAZ, Stéphane Mendes - Avaliação Técnica e Económica de Casas Pré-Fabricadas em Madeira Maciça [Em linha]. [S.l.] : Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, Jul. 2008 Disponível em WWW:<URL:http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/60301>. Dissertação de Mestrado.
VIDEO MAKER SRL - Artuso XLAM - CLT, 2012. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=3acschPAMeA>.
VIROC - Viroc Dossier Técnico. [s.d.]).
VIROC - Viroc - Investwood - Conceito [Em linha] [Consult. 28 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://viroc.pt/content.aspx?menuid=97&eid=147>.
VOLVOGROUP - Soluções customizadas baseadas em plataforma de escavadora - Soluções customizadas baseadas em plataforma de escavadora : ASCENDUM Máquinas [Em linha], atual. 2008. [Consult. 27 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.volvoce.com/dealers/pt-pt/Autosueco/products/special_app_solutions/exc_based_solutions/Pages/exc_based_solutions.aspx>.
VP EMBALAGENS - Embalagens - Construção - Rolo de cortiça VP Cork [Em linha], atual. 2009. [Consult. 2 dez. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.vpembalagens.com/Rolos_de_Cortica_VP_Cork_rolos_cortica_VP_Cork_rolos_cortica_VP_Cork.html>.
WAUGH, Andrew; WEISS, Karl Heinz; WELLS, Matthew (EDS.) - A process revealed = Auf dem Holzweg. London : Murray & Sorrell, 2009. ISBN 9780955862069 095586206X.
WESTERN MICHIGAN UNIVERSITY - ANCIENT ROME - POMPEIAN HOUSE OF THE VETTIIART HISTORY, [s.d.]. [Consult. 18 fev. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://www.wmich.edu/art/arthistory/protected/gallery2200/rome_PomHousePlan.htm>.
WHALEN, Cara - Cara Whalen: Day 1 Part B- What I See in the Woods [Em linha], atual. 2013. [Consult. 23 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://carawhalen.blogspot.pt/2013/11/day-1-part-b-what-i-see-in-woods.html>.
WHITAKER, Richard *et al.* - Sea Ranch Condominium #1, Sea Ranch, CA, 1963-1967 [Em linha], atual. 1963. [Consult. 23 nov. 2013]. Disponível em WWW:<URL:http://content.cdlib.org/ark:/28722/bk0003d9c0q/?order=6&brand=calisphere>.
WPC ASIA - Wood-plastic composite profile (WPC) direct extrusion line from China, 2012. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=8lL0mvbIbsk&list=PL8H_O_ZA3upD1xhJk1Pdmfy31ezR65jq5&feature=mh_lolz>.
XELLA DRY LINING SYSTEMS - Catalogo fermacell. 2010).

XLAM DOLOMITI - Xlam Dolomiti - realizzare pannelli in legno Xlam in Italia, 2012. Disponível em WWW:<URL:https://www.youtube.com/watch?v=yrMXrJdo-Hs>.

## BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, João P.; BRANCO, Jorge - Comportamento sísmico de um sistema log-house. Em . Coimbra : [s.n.]
BRANCO, Jorge; CRUZ, Paulo; PIAZZA, Maurizio - Asnas de madeira, a importância da rigidez das ligações. Em [Em linha]. LNEC : [s.n.] Disponível em WWW:<URL:http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/6560>.
BRANCO, Jorge M. *et al.* - Comportamento Semi-Rígido de Ligações Tradicionais de Madeira. [s.d.]).
BRANCO, Jorge M.; BRAZ, Ricardo; SILVA, Catarina V. - Avaliação experimental de ligações aparafusadas em Pinho bravo e Câmbala. Em . Coimbra : [s.n.]
BRANCO, Jorge; SANTOS, Ana; CRUZ, Paulo - Asnas Tradicionais de Madeira: Evolução, Comportamento e Reforço com Materiais Compósitos. Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas. [s.d.]) 12.
BRITES, Ricardo D.; MACHADO, José Saporiti; LOURENÇO, Paulo B. - Avaliação das Propriedades Mecânicas da Madeira IN SITU por Ensaios de Mesoprovetes. Em . Guimarães : [s.n.]. ISBN http://www-ext.lnec.pt/APAET/pdf/Rev_20_A4.pdf
CRUZ, Helena - Conservação e reabilitação de estruturas de madeira. [s.d.]).
DEPARTAMENTO DE EDIFÍCIOS - NÚCLEO DE ARQUITECTURA E URBANISMO - Caracterização da oferta de casas de madeira em Portugal - Inquérito às empresas de projecto, fabrico, construção e comercialização [Em linha]. Lisboa : LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2011 (Relatório n.118/2011 - 0806/11/17779). Disponível em WWW:<URL:http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DED/NA/pessoal/jpedro/Research/Pdf/Relatorio%20Casas%20de%20madeira%20em%20Portugal.pdf>.
FERREIRA, Rosa Alexandra Pinto - Comportamento Acústico de Componentes da Construção à Base de Aglomerado de Fibras de Madeira e Cimento [Em linha]. [S.l.] : Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, Jul. 2010 Disponível em WWW:<URL:http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/59941>. Dissertação de Mestrado.
GRAHAM FOUNDATION FOR ADVANCED STUDIES IN THE FINE ARTS - Studies in Tectonic Culture: The Poetics of construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture. 1996).
HEINTZ, Chris - Madeira, Aluminio, Aço e Materiais Compostos. [s.d.]).
HELENA CRUZ; LINA NUNES - A Madeira como Material de Construção. [s.d.]).
KHORASANI, Yalda - Feasibility Study of Hybrid Wood Steel Structures [Em linha]. [S.l.] : University of Britich Columbia, Abril de 2011 Disponível em WWW:<URL:https://circle.ubc.ca/bitstream/handle/2429/33561/ubc_2011_spring_khorasani_yalda.pdf?sequence=1>. Dissertação de Mestrado.
LANÇA, Pedro - Materiais de Construção - Glulam. 2008).
LNEC - Documento de Homologação - Rusticasa. 2012).
LOPES, D.; FARIA, J. A. - Caracterização experimental de contraplacados de acordo com a norma EN 789. Em . ISBN 972-8692-10-2
MACHADO, José Saporiti *et al.* - Avaliação, conservação e reforço de estruturas de Madeira. Lisboa : Verlag Dashöfer, Edições Profissionais Sociedade Unipessoal, Lda., 2009. ISBN 978-989-642-065-9.
MACHADO, Nuno Cláudio De Carvalho Mendes - Variação dimensional da madeira devida ao seu comportamento hiogroscópica [Em linha]. [S.l.] : Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, Jun. 2006 Disponível em WWW:<URL:http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/12372>. Dissertação de Mestrado.

MENDONÇA, Paulo Jorge Figueiredo De Almeida Urbano De - Habitar sob uma segunda pele [Em linha]. [S.l.] : Universidade do Minho, 2005 Disponível em WWW:<URL:http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>. Dissertação de Doutoramento.
NORA, Alfredo Cruz - Trabalho Final de Mestrado - Relatório de Estágio - Empreitada de Construção de 95 Moradias no Empreendimento Tróia Resort [Em linha]. [S.l.] : ISEL, Fevereiro de 2011 Disponível em WWW:<URL:http://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/247>.
PINA, Carlos - Eurocódigos Estruturais - Ponto da situação em PortugalLNEC, Maio de 2010. Disponível em WWW:<URL:www.lnec.pt>.
PINTO, Vítor Hugo Dos Santos De Jesus - Soluções de Paredes Leves Incorporando Placas de Aglomerado Madeira/Cimento para Edifícios de Pequeno Porte [Em linha]. [S.l.] : Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, Setembro de 2010 Disponível em WWW:<URL:http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/60149>. Dissertação de Mestrado.
PROJECTO DE CANDIDATURA DA CULTURA AVIEIRA A PATRIMÓNIO NACIONAL - Construir, Habitar, Pensar. Projecto de Candidatura da Cultura Avieira a Património Nacional. [Em linha]25/2010 (2010). Disponível em WWW:<URL:http://avieiros.ipsantarem.pt/>.
RIBEIRO, Jorge Martins - Actas - III Colóquio Internacional de História da Madeira. Em [Em linha] Disponível em WWW:<URL:http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/54902/2/jorgeribeiroalguns000123232.pdf>.
RODRIGUES, Ana Rita - Pinturas do tecto em caixotões da igreja do antigo convento do Salvador [Em linha]. [S.l.] : Escola das Artes da Universidade Católica do Porto, 2010 2009 Disponível em WWW:<URL:http://artes.ucp.pt/citar/mtpnp/estudos/pintura_caixotoes_01_contexto_historico.pdf>.
RODRIGUES, Ana Rita - Estudo técnico e material de duas pinturas do tecto em caixotões da igreja do antigo convento do Salvador em Braga [Em linha]. [S.l.] : Escola das Artes da Universidade Católica do Porto, 2010 2009 Disponível em WWW:<URL:http://artes.ucp.pt/citar/mtpnp/estudos/pintura_caixotoes_03_estudo_tecnico_e_material.pdf>.
RODRIGUES, Ana Rita - Levantamento do estado de conservação das pinturas do tecto em caixotões da Igreja do antigo convento do Salvador [Em linha] Disponível em WWW:<URL:http://artes.ucp.pt/citar/mtpnp/estudos/pintura_caixotoes_02_estado_de_conservacao.pdf>.
ROSA, André Filipe Bairrão Da - Caracterizsação do comportamento das ligações coladas em estruturas de madeira [Em linha]. [S.l.] : Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Setembro de 2008 Disponível em WWW:<URL:https://fenix.ist.utl.pt/publico/showDegreeTheses.do;jsessionid=A5C8237D4DA4D6F512F0C3B4FAA544D4.as2?method=showThesisDetails&degreeID=null&thesisID=123218&contentContextPath_PATH=/cursos/mec/dissertacoes&_request_checksum_=ac197c632a7d4b5e09f5732cdcb4e4d42647673b>. Dissertação de Mestrado.
SANTOS, José A. *et al.* - Bem utilizar as madeiras portuguesas. Em . Coimbra : [s.n.]
SANTOS, José António *et al.* - Bem utilizar madeira portuguesas na construção / reabilitaçãoCoimbra, 2011.
SANTOS, José António - Sustentabilidade nos Materiais e na Construção «O Cluster da Madeira»Porto, Outubro de 2011. Disponível em WWW:<URL:http://repositorio.lneg.pt/handle/10400.9/1579?mode=full>.
SANTOS, José António - Matérias-primas florestais para a indústria transformadora. [s.d.]).

SANTOS, José; PINHA, Marques - Avaliação do módulo de elasticidade à flexão como ferramenta do controlo da qualidade em vigas lameladas coladas em madeira, 2004. Disponível em WWW:<URL:http://repositorio.lneg.pt/handle/10400.9/1332>.
SANTOS, Vitor Daniel Ramisote - Avaliação do comportamento de asnas de madeira de grande vão [Em linha]. [S.l.] : Universidade de Aveiro - Departamento de Engenharia Civil, 2009 Disponível em WWW:<URL:http://ria.ua.pt/handle/10773/2386>. Dissertação de Mestrado.
SILVA, Catarina V.; BRANCO, Jorge M.; RODRIGUES, Virgílio - Alvenaria estrutural com elementos de madeira. Em . Coimbra : [s.n.]
SILVA, Mónica; MENDONÇA, Paulo; BRANCO, Jorge - Reabilitação de casas tradicionais em madeira do litoral norte e centro de Portugal. Em . Coimbra : [s.n.]
SILVA, Séfora C. - «Paletes» de pellets. www.revistainvest.pt. 2008) 2.
SIMÕES, Luís M. C. *et al.* - Avaliação do ajustamento de distribuições de probabilidade ao comportamento à flexão de Pinho bravo. Em . Coimbra : [s.n.]
SOUSA, Pedro Castro De - Soalhos compósitos industrializados em madeira - Revisão tecnológica [Em linha]. [S.l.] : Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, Jul. 2011 Disponível em WWW:<URL:http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/62111>. Dissertação de Mestrado.
TERIBELE, Alessandra - Arquitetura com madeira roliça: Progresso generativo de superfícies e articulações [Em linha]. [S.l.] : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Nov. 2011 Disponível em WWW:<URL:http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/35343>. Dissertação de Mestrado.